

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
ФГБУ «ВНИИОФИ»



Е.А. Гаврилова

М.П.

«22 июня 2026 г.

**«ГСИ. Микроспектрометры конфокальные рамановские и фотолюминесцентные
3D сканирующие LS RamBo 620.**

Методика поверки»

МП 014.Д4-26

Главный метролог

ФГБУ «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

«22 июня 2026 г.

Москва
2026 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на Микроспектрометры конфокальные рамановские и фотолюминесцентные 3D сканирующие LS RamBo 620 (далее – микроспектрометры), предназначенные для измерений значений волновых чисел при проведении исследований химического состава и фазовой структуры образца на его поверхности (для оптически непрозрачных образцов) и в его толще (для оптически прозрачных образцов) по спектрам комбинационного (рамановского) рассеяния, и устанавливает порядок, методы и средства проведения первичной и периодических поверок.

По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к единицам величин «длина волны лазерного излучения», воспроизводимой ГЭТ 187-2016 Государственным первичным специальным эталоном единиц энергии, распределения плотности энергии, длительности импульса и длины волны лазерного излучения, и «длина», воспроизводимой ГЭТ 2-2021 Государственным первичным эталоном единицы длины – метра согласно локальной поверочной схеме для средств измерений волновых чисел линий комбинационного рассеяния света, относительных интенсивностей линий комбинационного рассеяния света и флуоресценции, приведенной в приложении А (далее по тексту – ЛПС).

Поверка микроспектрометров выполняется методом прямых измерений.

Метрологические характеристики микроспектрометров указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Спектральный диапазон измерений волновых чисел, см ⁻¹	от 200,0 до 3000,0
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений волновых чисел, см ⁻¹	± 2,0

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение метрологических характеристик средства измерений. Проверка спектрального диапазона измерений волновых чисел, определение абсолютной погрешности измерений волновых чисел	Да	Да	10
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

2.2 При получении отрицательных результатов при проведении хотя бы одной операции поверка прекращается.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки следует соблюдать следующие условия:

- температура воздуха, °С от плюс 15 до плюс 25;
- относительная влажность воздуха, % от 20 до 70;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица:

- прошедшие обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений и знающие основы метрологического обеспечения средств измерений;
- изучившие настоящую методику поверки и эксплуатационную документацию на микроспектрометр.

4.2 Поверку средства измерений осуществляют аккредитованные в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении первичной и периодической поверок применяются средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от плюс 15 °С до плюс 25 °С с абсолютной погрешностью $\pm 0,2$ °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 70 % с абсолютной погрешностью ± 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа с абсолютной погрешностью $\pm 0,3$ кПа.	Измеритель параметров микроклимата «МЕТЕОСКОП-М», рег. № 32014-11
	Контрольный образец шкалы волновых чисел со значениями максимумов пиков волновых чисел 620,9, 1001,4 и 3054,3 см ⁻¹ ¹⁾	Контрольный образец шкалы волновых чисел из комплекта поставки микроспектрометра
п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочие эталоны не ниже 2-го разряда согласно ЛПС. Диапазон аттестованных значений волновых чисел от 200,0 до 3000,0 см ⁻¹ . Допускаемое значение абсолютной погрешности аттестованного значения волновых чисел $\pm 1,0$ см ⁻¹ ²⁾	ГСО 12942-2025 Стандартный образец состава серы; ГСО 12943-2025 Стандартный образец характеристик спектра комбинационного рассеяния света полистирола
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице		
¹⁾ предоставляется заявителем; ²⁾ далее по тексту – стандартный образец. Для поверки допускается использование одного или нескольких стандартных образцов, обеспечивающих проведение измерений значений волновых чисел в диапазоне измерений поверяемого микроспектрометра.		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки следует соблюдать требования, установленные ГОСТ 12.1.040-83, правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанными в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020 № 903н. Воздух рабочей зоны должен соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям испытаний для легких физических работ.

6.2 Помещение, в котором проводится поверка, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

6.3 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, приведенные в Руководстве по эксплуатации (далее - РЭ) на микроспектрометры.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Проверку внешнего вида микроспектрометра проводят путем визуального осмотра. Проводят сравнение фотографических изображений, приведенных в описании типа на данный микроспектрометр, и образца, представленного на поверку.

7.2 Провести визуальный осмотр микроспектрометра на отсутствие видимых повреждений, влияющих на его работоспособность. Убедиться в наличии маркировки с ясным указанием типа и серийного номера микроспектрометра.

7.3 Проверить комплектность микроспектрометра (без запасных частей и расходных материалов) на соответствие требованиям описания типа на данный микроспектрометр.

7.4 Микроспектрометр считают прошедшим операцию поверки, если:

- внешний вид микроспектрометра соответствует фотографическим изображениям из описания типа на данный микроспектрометр;
- корпус, внешние элементы, элементы управления и индикации не повреждены;
- комплектность соответствует разделу «Комплектность» описания типа на данный микроспектрометр;
- маркировка микроспектрометра содержит сведения о производителе, типе и серийном номере прибора.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке.

8.1.1 Проверить соответствие условий окружающей среды условиям, указанным в п. 3.1, с помощью средств измерений температуры окружающей среды, влажности, давления, указанных в таблице 3.

8.1.2 Подготовить поверяемый микроспектрометр к работе согласно его РЭ. Включить микроспектрометр, нажав на кнопку Power, расположенную на задней поверхности корпуса микроспектрометров. Включить лазер с длиной волны 532 нм, нажав на соответствующую кнопку на задней поверхности корпуса микроспектрометров. Прогреть микроспектрометр перед проведением измерений не менее 30 минут.

8.1.3 Запустить программное обеспечение (далее – ПО) микроспектрометра. Открыть окно управления микроспектрометром, нажав кнопку , расположенную слева в окне ПО (рисунок 1).

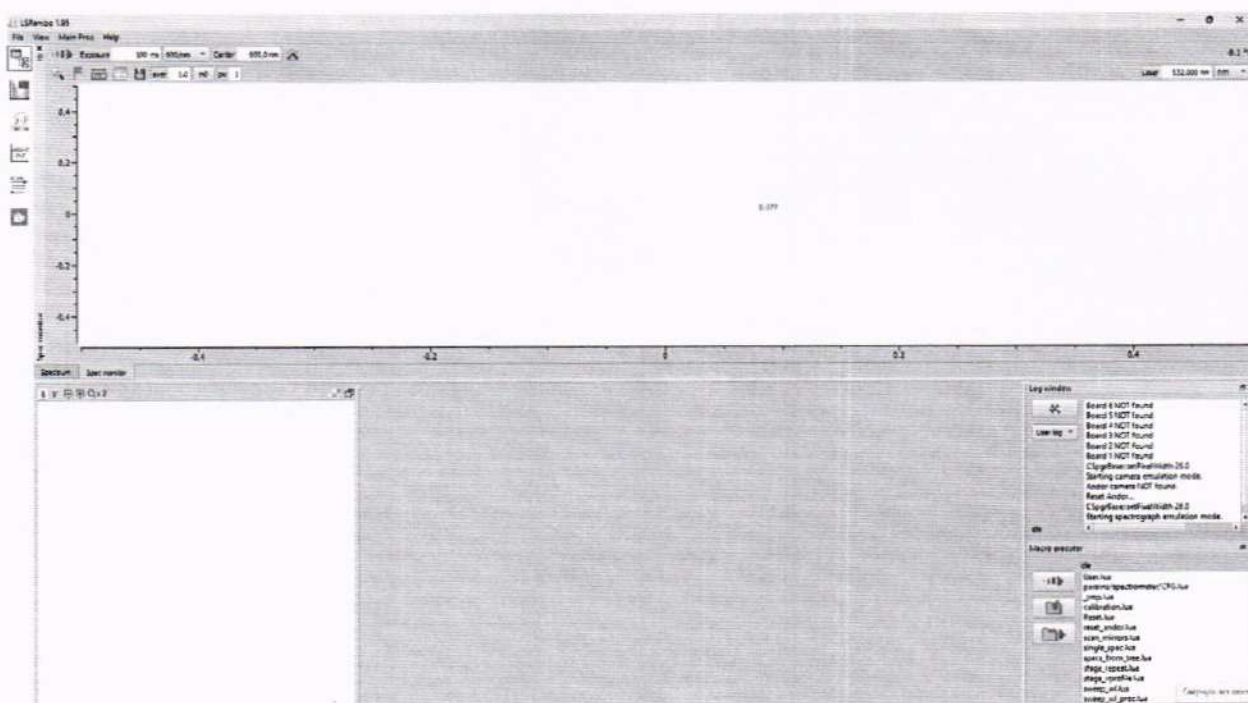


Рисунок 1 – Визуализация окна управления микроспектрометром

8.1.4 На вкладке **Laser** проверить состояние затвора, предотвращающего попадание лазерного излучения к основным модулям микроспектрометра, и, при необходимости, закрыть его. Для этого в раскрывающемся списке  выбрать команду **Closed**. Все переключения в оптической схеме производить только при закрытом затворе SH1 микроспектрометра.

Примечание - Измерения проводить при выключенном основном освещении, свет от монитора не должен быть направлен на систему позиционирования образца и ввода-вывода излучения.

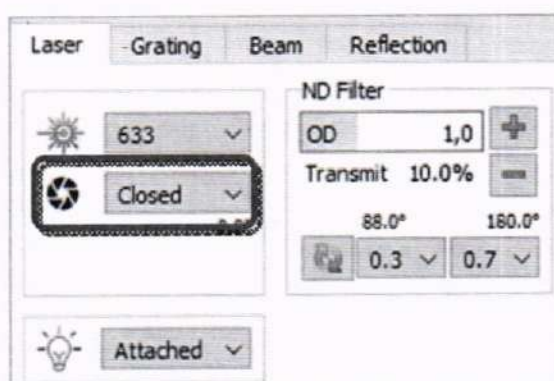


Рисунок 2 – Затвор закрыт

8.1.5 Задать температуру охлаждения ПЗС-матрицы, для этого:

а) В меню кнопки  **Options** выбрать команду **Camera**.

б) В открывшемся диалоговом окне в поле **T** установить значение температуры охлаждения минус 60 °C, чтобы началось охлаждение нажать кнопку **Cooler**. Ожидать не менее 5 минут, по истечении которых приступить к следующему пункту проверки (рисунок 3).



Рисунок 3 – Визуализация окна охлаждения ПЗС-матрицы (значение приведено для примера)

8.1.6 На вкладке **Laser** выбрать лазер с длиной волны 532 нм. Для этого в раскрывающемся списке  выбрать требуемую длину волны (рисунок 4).

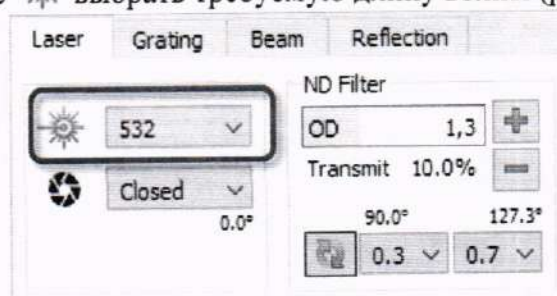


Рисунок 4 – Выбор длины волны лазера

8.1.7 На вкладке **Beam** в разделе **Splitter** выбрать крайовой фильтр, соответствующий длине волны используемого лазера (рисунок 5). В противном случае возможно попадание лазерного луча высокой интенсивности на ПЗС-матрицу и ее выход из строя. В этой же вкладке в выпадающем меню, обозначенном значком , выбрать настройки расширителя пучка, соответствующие требуемому диаметру выходного пучка лазерного излучения.

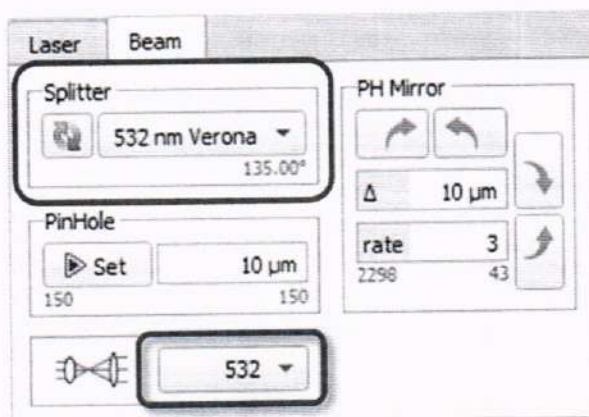


Рисунок 5 – Визуализация выбора крайового фильтра

8.1.8 Установить контрольный образец шкалы волновых чисел из комплекта поставки микроспектрометра в систему позиционирования микроспектрометра. Перейти на вкладку **Laser**. Открыть затвор, выбрав из раскрывающегося списка значение **Opened**. В результате излучение возбуждающего лазера попадает в оптическую систему. Провести выбор области измерений и фокусирование лазерного луча на поверхности образца в соответствии с п. 2.3.3.2 и 2.3.3.3 РЭ.

Установить значение коэффициента оптической плотности OD (англ. – optical density) равное «1,0» (рисунок 6).

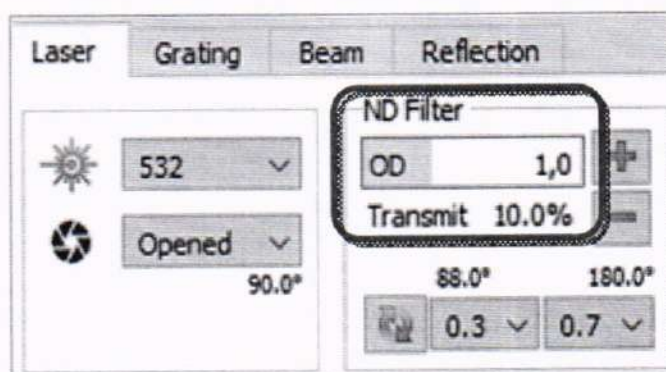


Рисунок 6 – Установка уровня подавления мощности лазера

8.1.9 В меню ПО в графе **Laser** установить единицы измерений см^{-1} , установить дифракционную решетку со спектральным разрешением 1200 штр./мм и центральную длину волны для измеряемой области спектра (для контрольного образца шкалы волновых чисел $1001,4 \text{ см}^{-1}$) (рисунок 7). В графе **Exposure** установить время экспозиции. Подбор времени экспозиции выполняется в соответствии с п. 2.3.3.6 РЭ.



Рисунок 7 – Визуализация п. 8.1.9

Если ожидаемые пики не видны, увеличить время экспозиции. Если интенсивность сигнала выходит за пределы значений 30 000 счетов, постепенно уменьшать время экспозиции **Exposure Time** или увеличивать коэффициент оптической плотности фильтров нейтральной плотности (ND Filter) (поле **OD** на вкладке **Laser**) таким образом, чтобы соотношение сигнал/шум составляло не менее 2/1.

8.1.10 Для проведения измерений контрольного образца шкалы волновых чисел после проведенных настроек согласно п. 8.1.2 – 8.1.9, открыть окно параметров ПЗС-камеры нажатием кнопки **Options**, выбрать режим измерения **Single Track** и получить спектр, нажав на кнопку .

8.1.11 По окончании измерений должно быть идентифицировано значение максимума пика волнового числа контрольного образца шкалы волновых чисел $1001,4 \text{ см}^{-1}$ в диапазоне значений волнового числа от $1001,1$ до $1001,7 \text{ см}^{-1}$.

8.1.12 Если максимум пика волнового числа контрольного образца шкалы волновых чисел не идентифицирован или выходит за диапазон значений волнового числа от $1001,1$ до $1001,7 \text{ см}^{-1}$, перейти на вкладку **Mono**. Нажать кнопку **Offsets**. В открывшемся диалоговом окне вращением колесика мыши изменить значение поля **Grating** так, чтобы

положение максимума пика волнового числа совпало с положением маркера. Повторить пункт 8.1.9.

8.1.13 Проверить значения максимумов пиков волновых чисел контрольного образца шкалы волновых чисел для значений $620,9$ и $3054,3 \text{ см}^{-1}$ (в диапазоне отклонений волнового числа, не превышающих $\pm 1,0 \text{ см}^{-1}$).

8.1.14 Если максимумы пиков волновых чисел контрольного образца шкалы волновых чисел для значений $620,9$ и $3054,3 \text{ см}^{-1}$ не идентифицированы или выходят за диапазон значений волновых чисел на отклонение, превышающее $\pm 1,0 \text{ см}^{-1}$, провести подстройку шкалы монохроматора в соответствии с п. 3.2.7 РЭ и повторить действия согласно п. 8.1.2 – 8.1.13 методики поверки. Подстройка шкалы монохроматора, обязательно выполняется при смене дифракционной решетки.

8.2 Микроспектрометр считают прошедшим операцию поверки, если:

- микроспектрометр вышел на рабочий режим в полном соответствии с РЭ, сообщения об ошибках отсутствуют;
- идентифицированы значения максимумов пиков волновых чисел $620,9$ и $3054,3 \text{ см}^{-1}$ для контрольного образца шкалы волновых чисел, в диапазоне отклонений волнового числа, не превышающих $\pm 1,0 \text{ см}^{-1}$.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Микроспектрометр имеет ПО, установленное на персональном компьютере.

9.2 Наименование и версия ПО располагается в верхней строке окна ПО (рисунок 8).

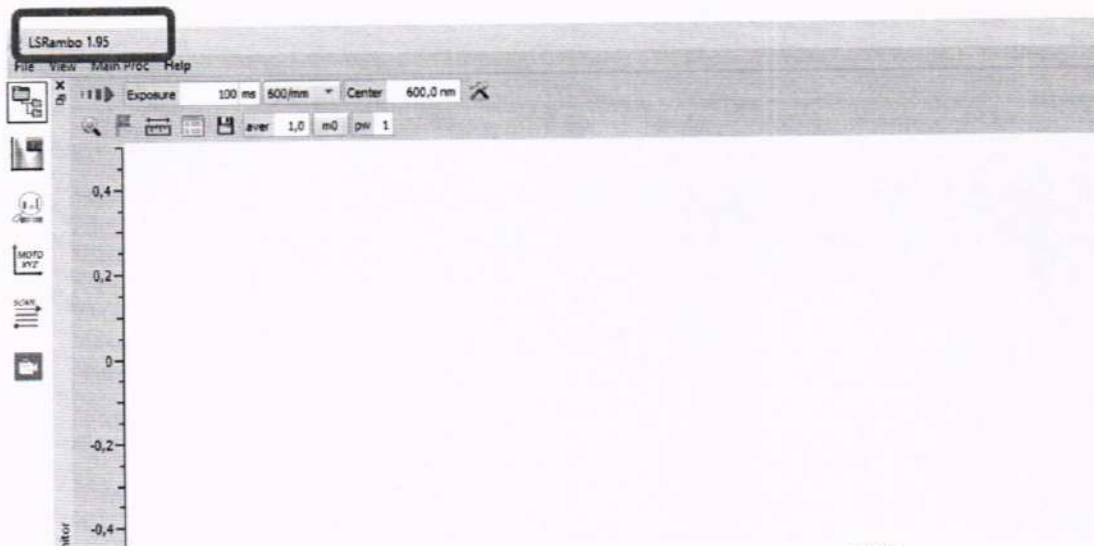


Рисунок 8 – Проверка наименования и версии ПО

9.3 Микроспектрометр считают прошедшим операцию поверки, если наименование и версия ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 4 настоящей методики поверки.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	LSRambo
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	1.95 ¹⁾
Цифровой идентификатор ПО	-
¹⁾ где «1.» – версия метрологически значимой части ПО, цифры после «1.» – версия сборки управляющего ПО	

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Для проверки спектрального диапазона измерений волновых чисел и определения абсолютной погрешности измерений волновых чисел подготовить стандартные образцы с аттестованными значениями волновых чисел, соответствующие диапазону измерений поверяемого микроспектрометра.

10.2 Разместить стандартный образец в систему позиционирования микроспектрометра.

10.3 Провести настройку параметров измерения аналогично порядку, указанному в п. 8.1.2 – 8.1.14 методики поверки.

10.4 Провести пятикратное измерение значений волновых чисел по положениям максимума пиков рамановского спектра стандартного образца, находящихся в спектральном диапазоне измерений микроспектрометра. Записать измеренные значения волновых чисел по положениям максимума пиков рамановского спектра стандартного образца в протокол поверки.

10.5 Провести обработку результатов измерений в соответствии с п. 11.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Рассчитать среднее арифметическое значение каждого волнового числа $\bar{\nu}_i$, см^{-1} , по формуле

$$\bar{\nu}_i = \frac{\sum_{j=1}^n \nu_i^j}{n}, \quad (1)$$

где ν_i^j – значение волнового числа, см^{-1} , соответствующее положению максимума i -го пика рамановского спектра при j -м измерении;

n – число измерений, равное 5.

11.2 Рассчитать значение абсолютной погрешности Δ_i каждой серии измерений волновых чисел по формуле

$$\Delta_i = \bar{\nu}_i - \nu_i^o, \quad (2)$$

где ν_i^o – аттестованное значение волнового числа стандартного образца, в соответствии с паспортом стандартного образца утвержденного типа.

11.3 Микроспектрометр считается прошедшим операцию поверки, если:

- спектральный диапазон измерений волновых чисел составляет от 200,0 до 3000,0 см^{-1} ;

- значение наибольшей из рассчитанной по п. 11.2 абсолютной погрешности измерений волновых чисел в этом диапазоне не превышает $\pm 2,0 \text{ см}^{-1}$.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении Б. Протокол может храниться на электронных носителях.

12.2 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие средства измерений метрологическим требованиям) выдает свидетельство о

поверке, оформленное в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке, утвержденными приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.07.2020 № 2510. Нанесение знака поверки на микроспектрометры не предусмотрено.

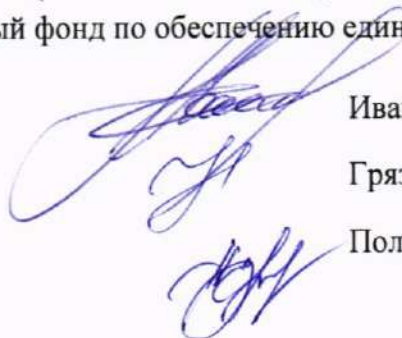
12.3 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие средства измерений метрологическим требованиям) выдает извещение о непригодности к применению средства измерений.

12.4 Сведения о результатах поверки (как положительные, так и отрицательные) передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник отдела Д-4

Начальник сектора отдела Д-4

Ведущий инженер отдела Д-4



Иванов А.В.

Грязских Н.Ю.

Полунина Е.П.

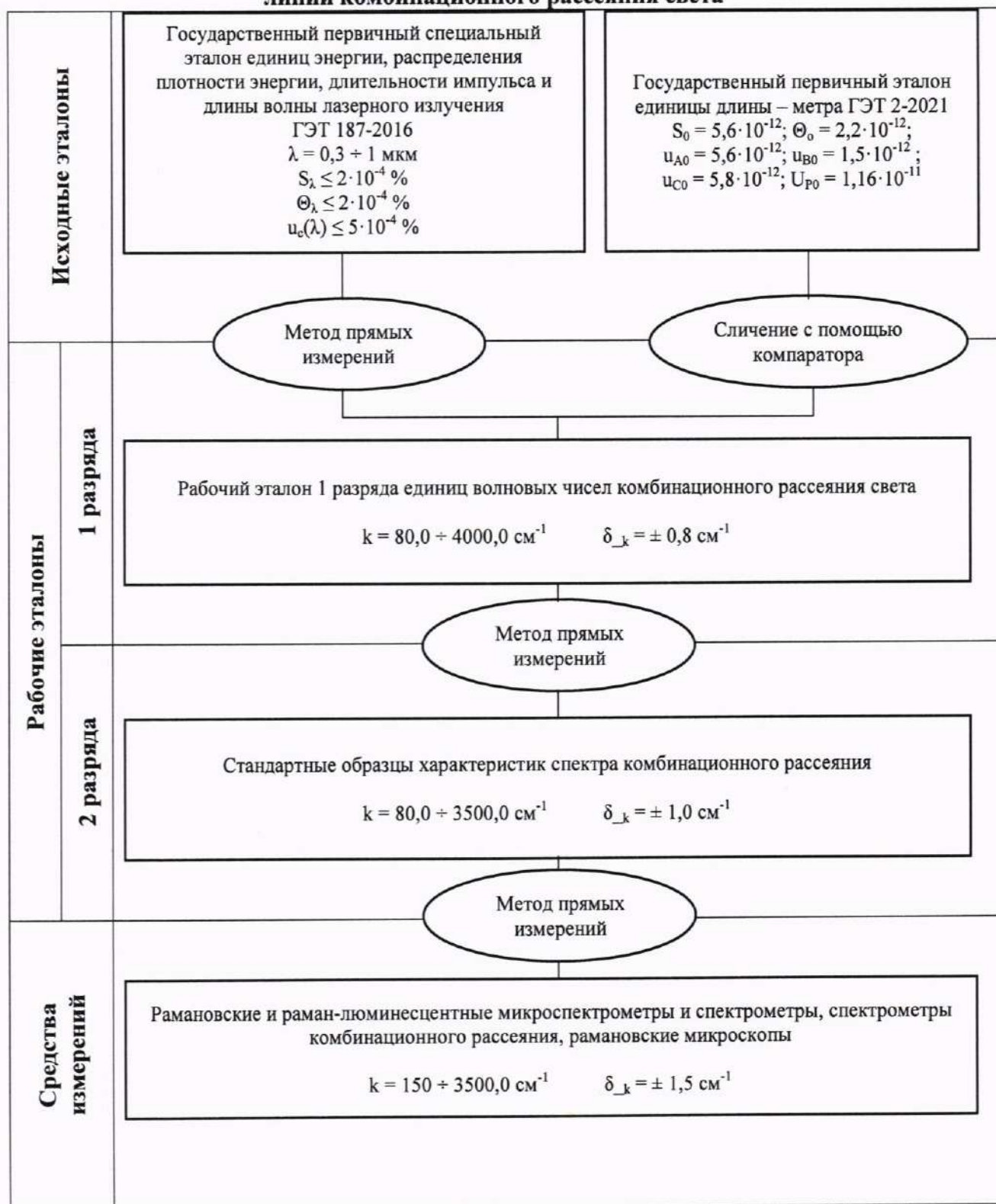
ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

к Методике поверки № МП 014.Д4-26

«ГСИ. Микроспектрометры конфокальные рамановские и фотолюминесцентные 3D сканирующие LS RamBo 620. Методика поверки»

Структура локальной поверочной схемы для средств измерений волновых чисел линий комбинационного рассеяния света



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

к Методике поверки № МП 014.Д4-26

«ГСИ. Микроспектрометры конфокальные рамановские и фотолюминесцентные
3D сканирующие LS RamBo 620. Методика поверки»

ПРОТОКОЛ ПЕРВИЧНОЙ ПОВЕРКИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ

Микроспектрометр конфокальный рамановский и фотолюминесцентный
3D сканирующий LS RamBo 620

(наименование, тип СИ и модификации в соответствии с описанием типа, в единственном
числе)

Серийный номер:

Год выпуска:

Изготовитель

Владелец СИ:

Применяемые средства поверки:

Место проведения поверки:

Применяемая методика поверки:

МП 014.Д4-26 «ГСИ.

Микроспектрометры конфокальные
рамановские и фотолюминесцентные 3D
сканирующие LS RamBo 620. Методика
поверки»

Условия поверки:

- температура окружающей среды, °С:

- относительная влажность воздуха, %:

- атмосферное давление, кПа:

Проведение поверки:

1. Внешний осмотр:
2. Подготовка к поверке и опробование средства измерений:
3. Идентификация программного обеспечения:
4. Определение метрологических характеристик:

Полученные результаты определения метрологических характеристик:

Таблица Б.1 – Таблица измерений

	Измеренное значение волновых чисел, см ⁻¹									
1										
2										
3										
4										
5										
$\bar{\nu}_i$, см ⁻¹										
ν_i^o , см ⁻¹										
Δ_i , см ⁻¹										

Таблица Б.2 – Определение метрологических характеристик

Метрологическая характеристика	Требования описания типа	Результат (соответствие)
Спектральный диапазон измерений волновых чисел, см ⁻¹	от 200,0 до 3000,0	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений волновых чисел, см ⁻¹	± 2,0	

5 Заключение по результатам поверки:

по результатам поверки средство измерений Микроспектрометр конфокальный рамановский и фотолюминесцентный 3D сканирующий LS RamBo 620 серийный № _____ соответствует (не соответствует) метрологическим характеристикам, указанным в описании типа средства измерений, и признается пригодным (не пригодным) к применению

Начальник отдела:

Дата поверки:

Подпись

Фамилия И.О.

Поверитель:

Подпись

Фамилия И.О.