

СОГЛАСОВАНО



Заместитель директора
ФГБУ «ВНИИОФИ»

Е.А. Гаврилова

«31» 10 2024 г.

**«ГСИ. Спектрометр SDH-IV.
Методика поверки»**

МП 048.М4-24

Главный метролог
ФГБУ «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

«31» 10 2024 г.

г. Москва
2024 г.

1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на Спектрометр SDH-IV (далее – спектрометр), предназначенный для измерений спектральной плотности энергетической освещенности (далее – СПЭО) источников излучения в диапазоне длин волн от 400 до 1100 нм, и устанавливает операции при проведении его первичной и периодической поверок.

По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к ГЭТ 86-2017 Государственный первичный эталон единиц радиометрических и спектрометрических величин в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 21.11.2023 № 2414.

Поверка спектрометра выполняется методом прямых измерений.

Метрологические характеристики спектрометра указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений СПЭО в диапазоне длин волн от 400 до 1100 нм, Вт/м ³	от $2 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^6$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений СПЭО в диапазоне длин волн от 400 до 1100 нм, %	± 5

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 2 – Операции поверки

№ п/п.	Наименование операции	Обязательность выполнения операции при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
		первичной поверке	периодической поверке	
1	Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
2	Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
3	Проверка программного обеспечения	Да	Да	9
4	Определение метрологических характеристик средства измерений	10		
5	Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений СПЭО в диапазоне длин волн от 400 до 1100 нм	Да	Да	10.1
6	Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

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

Первичная (периодическая) поверка, проводится на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, оформленного в произвольной форме.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °C от +21 до +25
- относительная влажность воздуха, %, не более 60;
- атмосферное давление, кПа от 98 до 102.

3.2 Помещение, в котором проводится поверка, должно быть чистым и сухим, свободным от всех видов пыли, паров кислот и щелочей.

3.3 В помещении должна быть обеспечена изоляция от дневного освещения..

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица:

- изучившие настоящую методику и эксплуатационную документацию спектрометра и средств поверки;
- имеющие квалификационную группу не ниже III в соответствии с правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанными в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ № 903н от 15.12.2020;
- прошедшие полный инструктаж по технике безопасности;
- прошедшие обучение на право проведения поверки по требуемым видам измерений.

4.2 Поверку спектрометра осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении первичной и периодических поверок должны применяться средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки спектрометра

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 °C до плюс 30 °C с абсолютной погрешностью не более 0,2 °C; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне до 85 % с абсолютной погрешностью не более 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 110 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,13 кПа	Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп», рег. № 32014-06

Продолжение таблицы 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10 Определение метрологических характеристик	Эталоны единиц спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещённости, не ниже уровня Рабочего эталона, по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 21.11.2023 № 2414 в диапазоне измерений СИЭО от $2 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^6$ Вт/м ³ . Пределы допускаемых относительных погрешностей от 1,7 до 4 %	Государственный вторичный эталон единиц спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещённости непрерывного оптического излучения в диапазоне длин волн от 0,2 до 10,0 мкм; рег. номер 2.1.ZZA.0009.2015,
Вспомогательное оборудование		
п. 10 Определение метрологических характеристик	Средства измерений длины в диапазоне до 1500 мм с абсолютной погрешностью не более 0,5 мм	Нутромер двухточечный, серии 137 рег. № 31705-13

5.2 Допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 3, но обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого спектрометра с требуемой точностью. Средства поверки, указанные в таблице 3, должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки следует соблюдать требования, установленные правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанными в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ № 903н от 15.12.2020. Оборудование, применяемое при поверке, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91. Воздух рабочей зоны должен соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям испытаний для легких физических работ.

6.2 При выполнении поверки должны соблюдаться требования руководства по эксплуатации спектрометра.

6.3 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.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Проверку проводят визуально. Проверяют соответствие спектрометра следующим требованиям:

- соответствие комплектности спектрометра описанию типа и руководству по эксплуатации;
- соответствие расположения надписей и обозначений требованиям эксплуатационной документации;
- отсутствие механических повреждений на наружных поверхностях спектрометра, влияющих на его работоспособность; чистоту гнезд и разъемов.

7.2 Спектрометр считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если:

- комплектность спектрометра соответствует описанию типа и руководству по эксплуатации;
- расположение надписей и обозначений соответствует требованиям эксплуатационной документации;
- наружные поверхности спектрометра не повреждены, отсутствуют загрязнения гнезд и разъемов.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед началом работы со спектрометром необходимо внимательно изучить руководство по эксплуатации.

8.2 Проверить наличие средств поверки по таблице 3, укомплектованность их документацией и необходимыми элементами соединений.

8.3 Опробование спектрометра

8.3.1 Установить излучатель из состава эталона спектральной плотности энергетической освещенности и включить питание излучателя на режиме, указанном в протоколе аттестации эталона.

8.3.2 Подключить спектрометр к ПК через USB кабель. Включить спектрометр.

8.3.3 Включить персональный компьютер и запустить программное обеспечение нажатием кнопки «SolarLS.LAB.exe» на рабочем столе ПК. После запуска программы откроется окно «Select Device(s)» (см. рисунок 1). Отметить галочками необходимую конфигурацию и нажать «OK». Откроется главное окно программы SolarLS.LAB (см. рисунок 2).

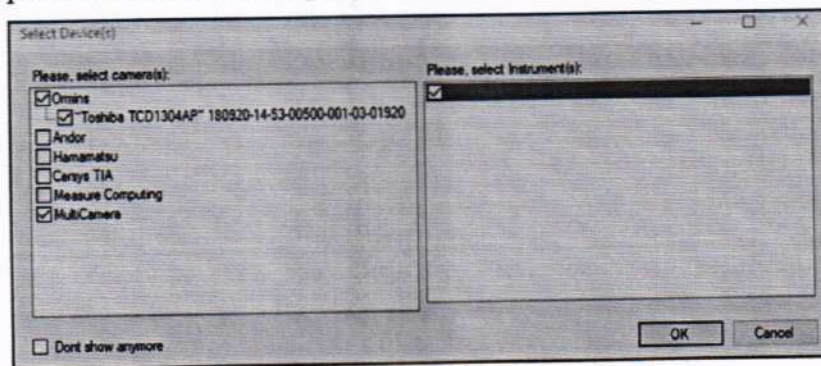
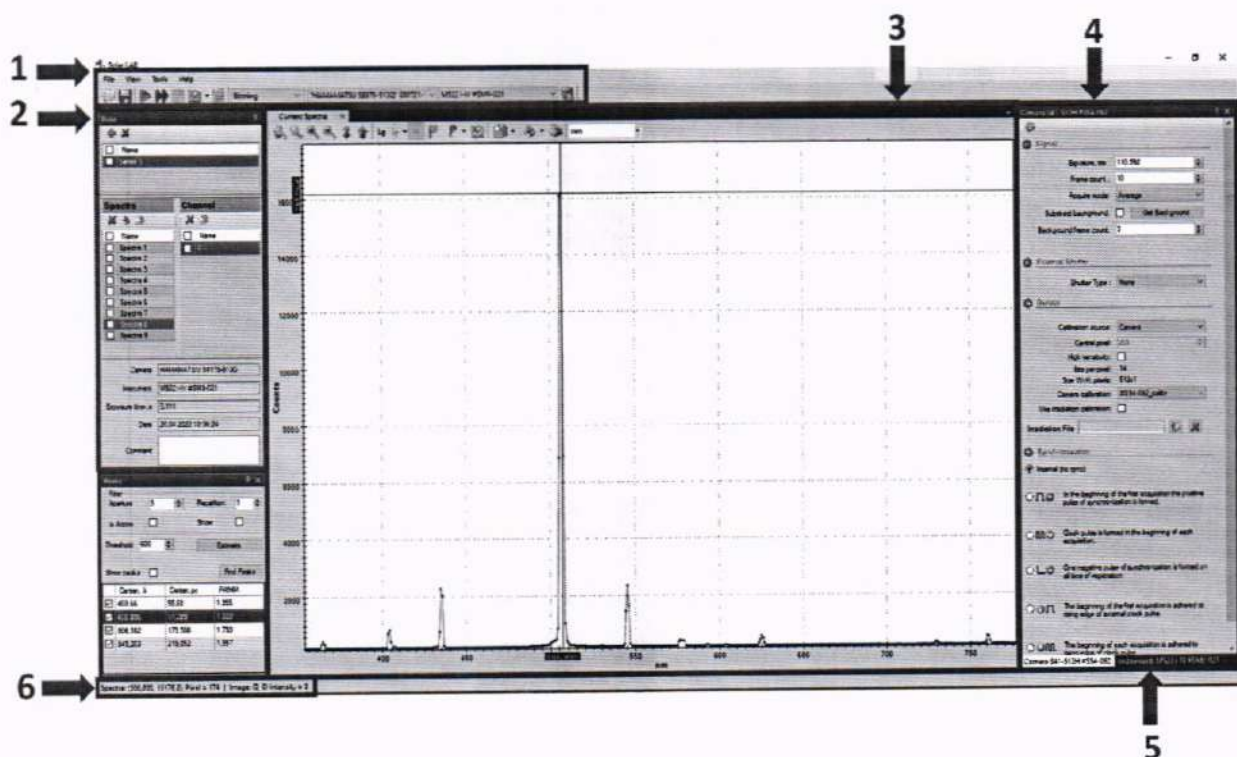


Рисунок 1 – Окно выбора рабочей конфигурации «Select Devices»



1 – Основная панель; 2 – Панель Data (панель данных и выбора отображаемых спектров);
3 – Панель Current Spectra (панель отображения спектров); 4 – Панель Camera Settings (панель настроек камеры и параметров регистрации); 5 – Панель Instrument (панель управления узлами монохроматора); 6 – Информационная панель

Рисунок 2 – Главное окно программы SolarLS.LAB

8.3.4 Установить ручной переключатель турели дифракционных решеток в положение 3, соответствующее спектральному диапазону от 450 до 855 нм.

8.4.5 Для запуска непрерывной регистрации спектра на основной панели нажать кнопку  «Continuous».

8.5 Для подтверждения требований к условиям проведения поверки, указанных в п. 3.1, применяется Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп». Проводится измерение параметров температуры окружающей среды, относительной влажности и давления.

8.6 Спектрометр считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если параметры температуры окружающей среды, относительной влажности и давления находятся в пределах, указанных в п. 3.1 настоящей методики поверки, включение прошло успешно, все органы управления работают исправно, а на панели Current Spectra главного окна отображается измеренный спектр.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверить соответствие идентификационных данных программного обеспечения сведениям, приведенным в описании типа на спектрометр.

Версия программного обеспечения «SolarLS.LAB» отображается на экране компьютера при нажатии кнопок «Help» → «About» на основной панели.

9.2 Спектрометр считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные программного обеспечения соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	SolarLS.LAB
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	v 22.4.19.0
Цифровой идентификатор ПО	-

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений СПЭО в диапазоне длин волн от 400 до 1100 нм

10.1.1 Значения СПЭО рассчитываются из измеренных значений отсчетов аналогового преобразователя (АЦП) с помощью коэффициентов преобразования $K_{\text{ЕЛ}}$, Вт/(отсчёт АЦП·м³), которые содержатся в файлах формата .csv в папке «Калибровка по интенсивности» ПО «SolarLS.LAB».

10.1.2 Для измерения СПЭО установить излучатель из состава эталона спектральной плотности энергетической освещённости (далее – излучатель) и сферу из комплекта спектрометра на фотометрической скамье на расстоянии 500 мм от передней плоскости сферы до излучателя, определяя расстояние при помощи нутромера.

10.1.3 Провести юстировку излучателя и сферы: оптическая ось должна проходить через геометрический центр входной апертуры сферы. Подсоединить сферу к спектрометру с помощью оптоволоконна из комплекта спектрометра.

10.1.4 Запустить программное обеспечение нажатием кнопки «SolarLS.LAB.exe» на рабочем столе ПК. На панели Camera Settings задать необходимые параметры измерений.

10.1.5 Включить излучатель, установив рабочий режим питания, указанный в протоколе аттестации эталона, и прогреть в течение интервала времени от 15 до 20 мин.

10.1.6 Установить ручной переключатель турели дифракционных решеток в положение 2, соответствующее диапазону длин волн от 300 до 570 нм. Провести трехкратные измерения СПЭО в диапазоне длин волн от 400 до 570 нм.

10.1.7 Установить ручной переключатель турели дифракционных решеток в положение 3, соответствующее диапазону длин волн от 450 до 855 нм. Провести трехкратные измерения СПЭО.

10.1.8 Установить ручной переключатель турели дифракционных решеток в положение 4, соответствующее диапазону длин волн от 600 до 1140 нм. Провести трехкратные измерения СПЭО в диапазоне длин волн от 600 до 1100 нм.

10.1.9 Сохранить результаты измерений в формате «.csv». Полученные результаты занести в протокол поверки, форма которого приведена в приложении А (таблица А.2).

10.1.10 Обработку результатов измерений СПЭО провести в соответствии с п. 11.1 настоящей методики поверки.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Определение относительной погрешности измерений СПЭО в диапазоне длин волн от 400 до 1100 нм

11.1.1 Рассчитать среднее арифметическое значение результатов измерений СПЭО, Вт/м³, по формуле:

$$\bar{E}_{\lambda}(\lambda) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{\lambda,i}(\lambda) \quad (1)$$

где $E_{\lambda,i}(\lambda)$ – значения СПЭО, измеренные спектрометром на длине волны λ , Вт/м³;

i – номер измерения;

n – число измерений.

11.1.2 Относительная погрешность измерений СПЭО, %, рассчитывается по формуле:

$$\delta_{\text{СПЭО}}(\lambda) = \frac{\bar{E}_{\lambda}(\lambda) - E_{\lambda,\text{ЭТ}}(\lambda)}{E_{\lambda,\text{ЭТ}}(\lambda)} \cdot 100, \% \quad (2)$$

где $E_{\lambda,\text{ЭТ}}(\lambda)$ – значения СПЭО, Вт/м³, излучателя из состава ВЭТ СПЭО на длине волны λ , указанные в протоколе аттестации эталона.

За погрешность спектрометра принимают максимальную относительную погрешность из рассчитанных.

11.1.3 Спектрометр считается прошедшим операцию поверки по п. 10.1 с положительным результатом, если диапазон измерений СПЭО в диапазоне длин волн от 400 до 1100 нм составляет от $2 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^6$ Вт/м³; а значения относительной погрешности измерений СПЭО не превышают допускаемых пределов $\pm 5 \%$.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки заносятся в протокол. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А. Протокол может храниться на электронных носителях.

12.2 Спектрометр считается прошедшим поверку с положительным результатом и допускается к применению, если все операции поверки пройдены с положительным результатом, а также соблюдены требования по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства. В ином случае спектрометр считается прошедшим поверку с отрицательным результатом и не допускается к применению.

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 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 Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510.

12.4 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.

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

Начальник отделения ФГБУ «ВНИИОФИ»

В.Р. Гаврилов

Начальник лаборатории ФГБУ «ВНИИОФИ»

Б.Б. Хлевной

Ведущий инженер ФГБУ «ВНИИОФИ»

М.В. Солодилов

Ведущий инженер ФГБУ «ВНИИОФИ»

Н.Е. Бурдакина

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(Рекомендуемое)
К Методике поверки МП 048.М4-24
«ГСИ. Спектрометр SDH-IV. Методика поверки»

ПРОТОКОЛ
первичной (периодической) поверки
от «_____» _____ 20__ г.

Средство измерений: Спектрометр SDH-IV
наименование средства измерений, тип

Заводской номер _____
заводской номер средства измерений

Принадлежащее _____
наименование юридического лица, ИНН

Поверено в соответствии с методикой поверки МП 048.М4-24 «ГСИ. Спектрометр SDH-IV. Методика поверки».
наименование документа на поверку

С применением эталонов _____
наименование, заводской номер, разряд, класс точности или погрешность

При следующих значениях влияющих факторов: _____
приводят перечень и значения влияющих факторов

- температура окружающей среды, °C _____
- относительная влажность воздуха, % _____
- атмосферное давление, кПа _____

Внешний осмотр: _____

Проверка идентификации программного обеспечения:

Таблица А.1 - Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	SolarLS.LAB
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	v 22.4.19.0
Цифровой идентификатор ПО	-

Опробование: _____

Получены результаты определения метрологических характеристик:

Таблица А.2 – Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО) в диапазоне длин волн от 400 до 1100 нм

Длина волны λ , нм	Значения СПЭО эталонного излучателя, Вт/м ³	Измеренное значение СПЭО, Вт/м ³	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений СПЭО, %	Относительная погрешность измерений СПЭО, %	Результат
			± 5		

Рекомендации

средство измерений признать пригодным (или непригодным) к применению

Исполнители:

должность

подпись

фамилия, инициалы