

СОГЛАСОВАНО

Зам. директора
ФГБУ «ВНИИОФИ»



_____ Е.А. Гаврилова

_____ 2023 г.

**«ГСИ. Спектрорадиометр Specbos 1211-UV Revision 2.
Методика поверки»**

МП 029.М4-23

Главный метролог
ФГБУ «ВНИИОФИ»

_____ С.Н. Негода

« 17 » _____ 10 2023 г.

г. Москва
2023 г.

1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на Спектрорадиометр Specbos 1211-UV Revision 2 (далее по тексту – спектрорадиометр), предназначенный для измерений спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ), спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО), яркости, освещенности, координат цветности, коррелированной цветовой температуры и индекса цветопередачи, и устанавливает операции при проведении его первичной и периодической поверок.

По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к:

- ГЭТ 5-2012 в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3460;
- ГЭТ 86-2017 в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2815;
- ГЭТ 81-2023 в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 07 августа 2023 г. № 1556.

Поверка спектрорадиометра выполняется методом прямых и косвенных измерений.

Метрологические характеристики спектрорадиометра указаны в таблице 1.

Таблица 1 - Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Спектральный диапазон измерений, нм	от 230 до 1000
Диапазон измерений спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ), Вт/(ср·м ³)	от $1 \cdot 10^6$ до $3 \cdot 10^8$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений СПЭЯ, %	$\pm 5,0$
Диапазон измерений спектральной плотности энергетической освещенности СПЭО, Вт/м ³	от $1,5 \cdot 10^5$ до $2,0 \cdot 10^8$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений СПЭО, %	$\pm 6,5$
Диапазон измерений координат цветности: x y	от 0,0039 до 0,7347 от 0,0048 до 0,8338
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений координат цветности: Δx Δy	$\pm 0,006$ $\pm 0,008$
Диапазон измерений коррелированной цветовой температуры, К	от 2000 до 8000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коррелированной цветовой температуры, К	± 100
Диапазон измерений общего индекса цветопередачи	от 1 до 100
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений общего индекса цветопередачи	$\pm 1,9$
Диапазон измерений яркости, кд/м ²	от 1 до 100000
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений яркости, %	$\pm 6,0$
Диапазон измерений освещенности, лк	от 10 до 100000
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений освещенности, %	$\pm 3,5$

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 Для поверки спектрорадиометра 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 спектрального диапазона измерений	Да	Да	10.1
6	Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ) в диапазоне длин волн от 230 до 1000 нм	Да	Да	10.2
7	Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений спектральной плотности энергетической освещённости (СПЭО) в диапазоне длин волн от 230 до 1000 нм	Да	Да	10.3
8	Проверка диапазона измерений и определение абсолютной погрешности измерений координат цветности, коррелированной цветовой температуры и общего индекса цветопередачи	Да	Да	10.4
9	Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений яркости	Да	Да	10.5
10	Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений освещенности	Да	Да	10.6
11	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 средств измерений или лица, представившего их на поверку, оформленного в произвольной форме.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °С от +15 до +25
- относительная влажность воздуха, %, не более 70;
- атмосферное давление, кПа от 96 до 104.

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 не допускаются посторонние источники ионизирующего излучения.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица:

- изучившие настоящую методику и руководство по эксплуатации спектрорадиометра 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 спектрорадиометра 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 спектрорадиометра

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 до плюс 25 °С с абсолютной погрешностью не более 0,5 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне до 85 % с абсолютной погрешностью не более 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,13 кПа	Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп», рег.номер 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
<p>п. 10.1, 10.2 Определение метрологических характеристик</p>	<p>Эталоны единицы яркости, не ниже уровня Рабочего эталона, по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3460 в диапазоне измерений яркости $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^7$ кд/м² Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 составляют от 0,8 % до 4,0 % Эталоны единиц спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещенности, не ниже уровня Рабочего эталона, по государственной поверочной схеме (часть 1), утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2815 в диапазоне измерений СПЭЯ от $1 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^{12}$ Вт/(ср·м³). Пределы допускаемых относительных погрешностей от 1,7 до 6 %</p>	<p>1 Государственный вторичный эталон единицы яркости непрерывного излучения в диапазоне от 10^{-4} до 10^4 кд/м², рег. номер: 2.1.ZZA.0068.2015, (далее – ВЭТ яркости) 2 Государственный вторичный эталон единиц спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещенности непрерывного оптического излучения в диапазоне длин волн от 0,2 до 10,0 мкм; рег. номер 2.1.ZZA.0009.2015 (далее – ВЭТ СПЭЯ)</p>
<p>п. 10.3 Определение метрологических характеристик</p>	<p>Эталоны единиц спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещенности, не ниже уровня Рабочего эталона, по государственной поверочной схеме (часть 1), утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2815 в диапазоне измерений СПЭО от $1 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^{10}$ Вт/м³. Пределы допускаемых относительных погрешностей от 1,7 до 6 %</p>	<p>Государственный вторичный эталон единиц спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещенности непрерывного оптического излучения в диапазоне длин волн от 0,2 до 10,0 мкм; рег. номер 2.1.ZZA.0009.2015 (далее – ВЭТ СПЭО)</p>
<p>п. 10.4 Определение метрологических характеристик</p>	<p>Эталоны координат цветности самосветящихся объектов, не ниже уровня Рабочего эталона, по государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.11. 2018 № 2516 в диапазоне измерений:</p>	<p>Государственный вторичный эталон единиц координат цвета в диапазонах от 2,5 до 109,0 для X, от 1,4 до 98,0 для Y, от 1,7 до 107,0 для Z и координат цветности в диапазонах от 0,0039 до 0,7347 для x и от 0,0048 до 0,8338 для y;</p>

Окончание таблицы 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	- координат цветности x от 0,004 до 0,734; y от 0,005 до 0,834. - коррелированной цветовой температуры $T_{КЦТ}$ от 2000 до 10000 К; - индекса цветопередачи R_a от 1,0 до 100,0 Пределы допускаемых абсолютных погрешностей составляют: $\Delta_x = \Delta_y =$ от 0,002 до 0,005; $\Delta_{T_{КЦТ}} =$ от 25 до 100 К; $\Delta_{R_a} = 0,7$	рег. номер 2.1.ZZA.0014.2015 (далее – ВЭТ КЦ)
п. 10.5 Определение метрологических характеристик	Эталоны единицы яркости, не ниже уровня Рабочего эталона, по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3460 в диапазоне измерений яркости $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^7$ кд/м ² Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 составляют от 0,8 % до 4,0 %	Государственный вторичный эталон единицы яркости непрерывного излучения в диапазоне от 10^{-4} до 10^4 кд/м ² , рег. номер: 2.1.ZZA.0068.2015 (далее – ВЭТ яркости)
п. 10.6 Определение метрологических характеристик	Эталоны силы света и освещенности непрерывного излучения, не ниже уровня Рабочего эталона, по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 № 3460 в диапазоне измерений освещенности от 1 до $1 \cdot 10^5$ лк. Пределы допускаемых относительных погрешностей от 0,4 до 2,5 %	Государственный вторичный эталон единиц силы света непрерывного излучения в диапазоне от 1 до 500 кд и освещенности непрерывного излучения в диапазоне от 1 до $1 \cdot 10^5$ лк. рег. номер: 2.1.ZZA.0012.2015 (далее – ВЭТ СС и О)
п. 10.3, 10.6 Определение метрологических характеристик	Средства измерений длины в диапазоне до 1500 мм с абсолютной погрешностью не более 0,5 мм	Нутромер двухточечный, серии 137 рег. номер 31705-13

5.2 Допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 3, но обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого спектрорадиометра 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 от 15.12.2020 № 903н. 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 спектрорадиометра.

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 спектрорадиометра следующим требованиям:

- соответствие комплектности спектрорадиометра требованиям раздела 1 его руководства по эксплуатации и описания типа;

- соответствие расположения надписей и обозначений требованиям эксплуатационной документации;

- отсутствие механических повреждений на наружных поверхностях спектрорадиометра, влияющих на его работоспособность; чистоту клемм и разъемов, состояние соединительных кабелей; сохранность пломб от несанкционированного доступа к местам настройки (регулировки);

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

- комплектность спектрорадиометра соответствует требованиям раздела 1 его руководства по эксплуатации и описания типа;

- расположение надписей и обозначений соответствует требованиям эксплуатационной документации;

- наружные поверхности спектрорадиометра и соединительные кабели не повреждены, отсутствуют загрязнения клемм и разъемов, а пломбы сохранены.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед началом работы со спектрорадиометром 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 спектрорадиометра.

8.3.1 Установить эталонный источник из состава ВЭТ СПЭЯ и включить питание лампы на режимах, предусмотренных для данной лампы.

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

8.3.3 Включить персональный компьютер и запустить программное обеспечение нажатием кнопок «Start» → «Programms» → «JETI LiVal v 7.2.0». На мониторе появится главный экран управления спектрорадиометром (см. рисунок 1).

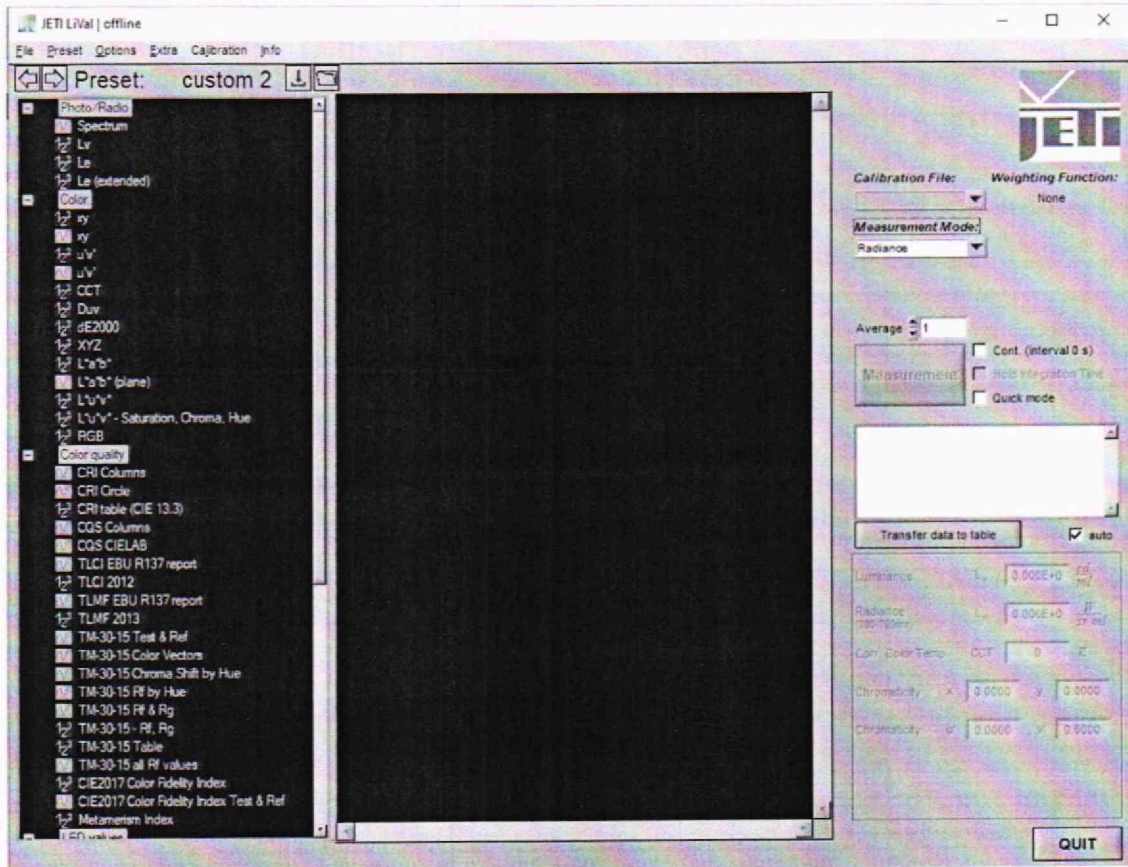


Рисунок 1 – Вид главного экрана программы JETI LiVal

8.3.4 В режиме главного экрана на клавиатуре нажать клавишу «F2». Откроется окно «Spectrum» (см. рисунок 2).

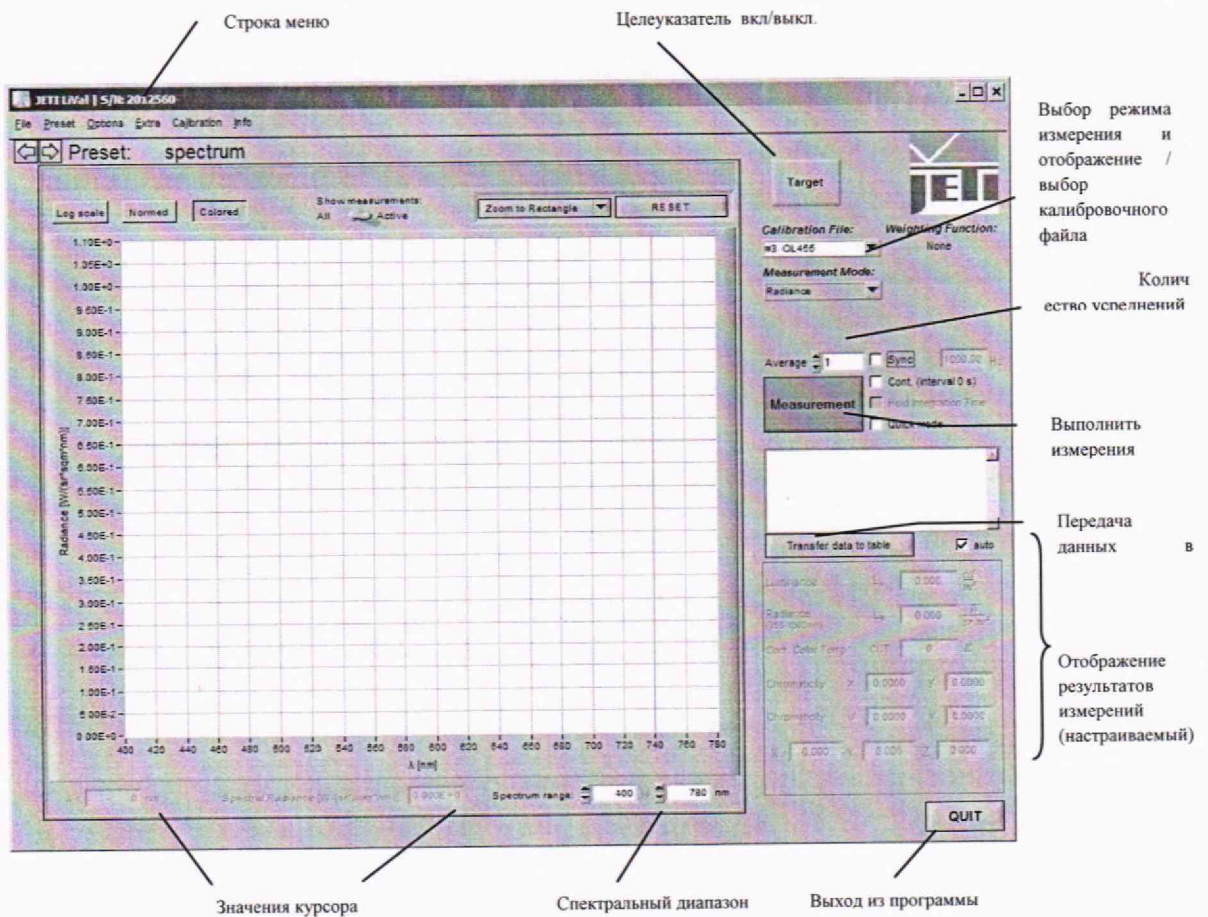


Рисунок 2 – Вид окна «Spectrum» программы JETI LiVal

8.3.5 Нажать клавишу «Target», включится лазерный целеуказатель в виде круга с точкой. Спектрорадиометр установить таким образом, чтобы целеуказатель попал на источник излучения.

8.3.6 Нажать клавишу «Measurement», чтобы начать измерение. Максимальное время измерения - 120 с.

8.4 Для подтверждения требований к условиям проведения поверки, указанным в п. 3 применяется Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп». Проводится измерение параметров температуры окружающей среды, относительной влажности и давления.

8.5 Спектрорадиометр считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если включение прошло успешно, все органы управления работают исправно, а на мониторе компьютера отображаются значения измеренных параметров (см. рисунок 3).

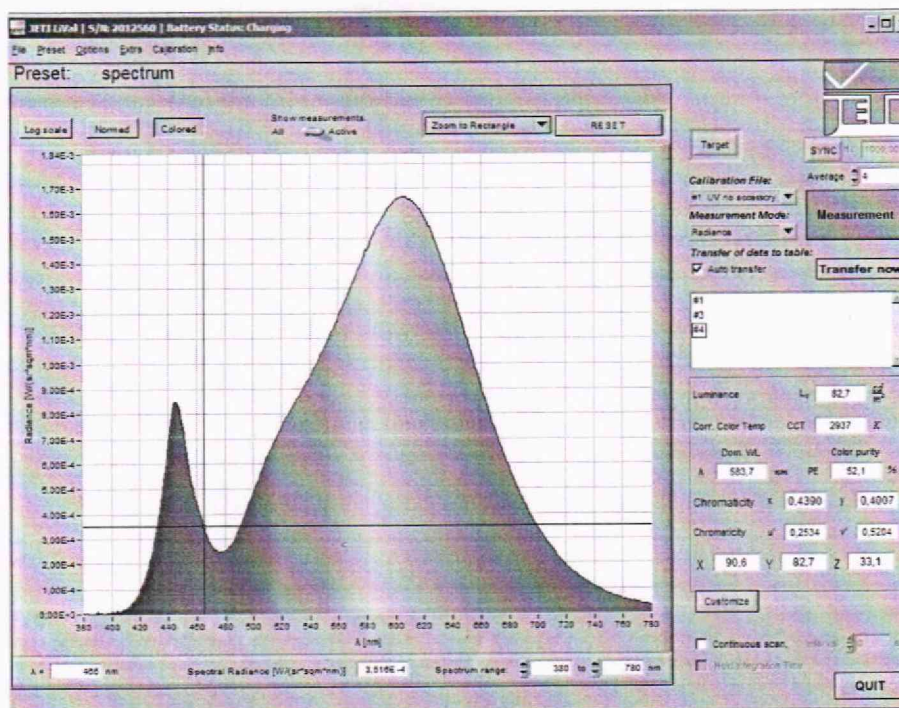


Рисунок 3 – Вид окна «Spectrum» после проведения измерений

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

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

Версия программного обеспечения «JETI LiVal» отображается на экране монитора персонального компьютера при нажатии кнопок «F1» → «About» в окне справки (рисунок 4).

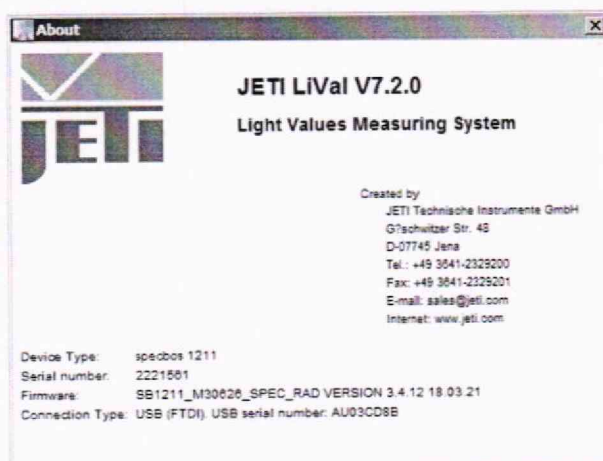


Рисунок 4 - Версия программного обеспечения

9.2 Спектрорадиометр 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	JETI LiVal
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 7.2.0
Цифровой идентификатор ПО	–

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Проверка спектрального диапазона измерений

10.1.1 Установить источник излучения из состава ВЭТ СПЭЯ (далее – излучатель) в держатель на фотометрической скамье так, чтобы оптическая ось излучателя совпадала с оптической осью спектрорадиометра. Включить источник питания излучателя, установить рабочий режим питания излучателя, указанный в сертификате калибровки, и включить излучатель.

10.1.2 Открыть окно «Spectrum», задать параметры измерения излучателя, выполнить операции с 8.3.4. по 8.3.6. Провести измерение.

10.1.3 Спектрорадиометр считается прошедшим операцию поверки, если спектральный диапазон измерений составляет от 230 до 1000 нм.

10.2 Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ) в диапазоне длин волн от 230 до 1000 нм

10.2.1 Для измерения СПЭЯ в диапазоне длин волн от 230 до 1000 нм установить излучатель из состава ВЭТ яркости на установку ВЭТ СПЭЯ. Выполнить измерения СПЭЯ спектрорадиометром из состава ВЭТ СПЭЯ.

10.2.2 Установить поверяемый спектрорадиометр на одной оптической оси с излучателем из состава ВЭТ яркости. Спектрорадиометр освещают в направлении, перпендикулярном к его приемной поверхности, на расстоянии от источника СПЭЯ не менее чем 1 м. Включить источник питания излучателя ВЭТ яркости. Выполнить настройку источника питания согласно его эксплуатационной документации.

10.2.3 Открыть окно «Spectrum», задать параметры измерения эталонного излучателя, выполнить операции с 8.3.4. по 8.3.6. Провести 5 измерений СПЭЯ для длин волн 230, 300, 350, 400, 450, 550, 600, 800, 1000 нм.

10.2.4 Для сохранения результатов измерений нажать кнопку «Transfer data to table» (см. рисунок 2). Указать, куда, с каким именем и в каком формате («.csv» или «.xls») сохранить файл.

10.2.5 Обработку результатов измерений СПЭЯ провести в соответствии с п. 11.1 настоящей методики поверки.

10.3 Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений спектральной плотности энергетической освещённости (СПЭО) в диапазоне длин волн от 230 до 1000 нм

10.3.1 Для измерения СПЭО установить излучатель (лампу КГМ при измерениях в диапазоне длин волн от 250 до 1100 нм или дейтериевую лампу при измерениях в диапазоне длин волн от 200 до 400 нм) из состава ВЭТ СПЭО (далее по тексту – лампа) и спектрорадиометр на фотометрической скамье на расстоянии 500 мм (для лампы КГМ) и 400 мм (для дейтериевой лампы) от приемной поверхности спектрорадиометра до лампы, определяя расстояние при помощи нутромера из состава ВЭТ СПЭО.

10.3.2 Провести юстировку лампы и приемной головки спектрорадиометра. Для этого установить юстировочный лазер, а на место лампы установить специальное юстировочное

приспособление, являющееся неотъемлемой принадлежностью лампы. Приёмная поверхность головки спектрорадиометра и поверхность стекла юстировочного приспособления должны располагаться в плоскостях, перпендикулярных оптической оси. При этом оптическая ось должна проходить через центр приемной поверхности головки и перекрестие на стекле юстировочного приспособления. Снять юстировочное приспособление и установить на его место лампу. Проверить, что расстояние от эталонной лампы до приемной головки спектрорадиометра равно 500 мм

10.3.3 Установить на спектрорадиометр насадку для измерений освещенности из комплекта прибора. Включить источник из состава ВЭТ СПЭО, установив рабочий режим питания, указанный в сертификате калибровки, и прогреть в течение интервала времени от 15 до 20 мин.

10.3.4 Открыть окно «Spectrum», задать параметры измерения эталонного источника, выполнить операции с 8.3.4. по 8.3.6. Провести 5 измерений СПЭО для длин волн 230, 300, 350, 400, 450, 550, 600, 800, 1000 нм.

10.3.5 Для сохранения результатов измерений нажать кнопку «Transfer data to table» (см. рисунок 2). Указать, куда, с каким именем и в каком формате («.csv» или «.xls») сохранить файл.

10.3.6 Обработку результатов измерений СПЭО провести в соответствии с п. 11.2 настоящей методики поверки.

10.4 Проверка диапазона измерений и определение абсолютной погрешности измерений координат цветности, коррелированной цветовой температуры и общего индекса цветопередачи

10.4.1 Установить спектрорадиометр и источник излучения (излучатель из набора полупроводниковых излучателей из состава ВЭТ КЦ или лампу типа СИП 107-1500) (далее – излучатель) на фотометрической скамье из состава ВЭТ КЦ.

10.4.2 Подключить излучатель к источнику питания. На панели управления источника питания установить рабочий режим питания излучателя, указанный в сертификате калибровки или в протоколе аттестации эталона.

10.4.3 Открыть окно «Spectrum», выполнить операции с 8.3.4. по 8.3.6. Провести пять измерений координат цветности, коррелированной цветовой температуры и общего индекса цветопередачи в соответствии с руководством по эксплуатации спектрорадиометра

10.4.4 Повторить пункты с 10.4.1 по 10.4.3 для каждого излучателя.

10.4.5 Для сохранения результатов измерений нажать кнопку «Transfer data to table» (см. рисунок 2). Указать, куда, с каким именем и в каком формате («.csv» или «.xls») сохранить файл.

10.4.6 Обработку результатов измерений координат цветности, коррелированной цветовой температуры и индекса цветопередачи провести в соответствии с п. 11.3 настоящей методики поверки.

10.5 Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений яркости

10.5.1 Установить источник яркости с диапазоном от 10^{-4} до 100 кд/м² из состава ВЭТ яркости и столик со спектрорадиометром на фотометрическую скамью.

10.5.2 Эталонный источник яркости и головка спектрорадиометра должны находиться в вертикальных плоскостях, перпендикулярных оси скамьи, а их центры находиться на одной оси.

10.5.3 Вывести эталонный источник яркости на рабочий режим в соответствии с его эксплуатационной документацией. Установить значение яркости, соответствующее нижней границе измеряемого диапазона яркости (1 кд/м²).

10.5.4 Открыть окно «Spectrum», выполнить операции с 8.3.4. по 8.3.6. Выполнить пятикратные прямые измерения яркости.

10.5.5 На источнике яркости из состава ВЭТ яркости установить значение яркости 100 кд/м². Повторить пункт 10.5.4.

10.5.6 Установить источник яркости с диапазоном от 100 до 10000 кд/м² из состава ВЭТ яркости на фотометрическую скамью. Повторить п. 10.5.2.

10.5.7 Вывести эталонный источник яркости на рабочий режим в соответствии с его эксплуатационной документацией. На источнике яркости из состава ВЭТ установить значение яркости 500 кд/м².

10.5.8 Провести измерения яркости в соответствии с пунктом с 10.5.4.

10.5.9 Повторить п. 10.5.8 для значений яркости 2500, 5000 и 10000 кд/м².

10.5.10 Установить излучатель из состава ВЭТ яркости и спектро радиометр на оптический стенд эталона и провести юстировку. Между лампой и прибором поместить нейтральный светофильтр НС9 (коэффициент пропускания 0,5) для номинального значения яркости 5000 кд/м².

10.5.11 Включить лампу, установив рабочий режим питания, указанный в сертификате калибровки, и прогреть в течение интервала времени от 15 до 20 мин.

10.5.12 Провести измерения яркости в соответствии с пунктом с 10.5.4.

10.5.13 Извлечь нейтральный светофильтр НС9.

10.5.14 Провести измерения яркости в соответствии с пунктом с 10.5.4.

10.5.15 Между лампой и прибором поместить нейтральный светофильтр НС8 (коэффициент пропускания 0,27) для номинального значения яркости 2500 кд/м².

10.5.16 Провести измерения яркости в соответствии с пунктом с 10.5.4.

10.5.17 Извлечь нейтральный светофильтр НС8.

10.5.18 Провести измерения яркости в соответствии с пунктом с 10.5.4.

10.5.19 Обработку результатов измерений яркости провести в соответствии с п. 11.4 настоящей методики поверки.

10.6 Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений освещенности

10.6.1 Установить спектро радиометр и источник излучения (эталонную светоизмерительную лампу накаливания или эталонный телецентрический осветитель "ЭТО-2") из состава ВЭТ СС и О на фотометрическую скамью.

10.6.2 Центр тела накала лампы и центр приемной поверхности головки спектро радиометра должны находиться на одной оптической оси. Тело накала лампы и приемная поверхность головки спектро радиометра должны располагаться в плоскостях, перпендикулярных оптической оси. Эталонный телецентрический осветитель «ЭТО-2» устанавливаются так, чтобы фокальная плоскость линзы была перпендикулярна оптической оси спектро радиометра. Спектро радиометр освещают в направлении, перпендикулярном к приемной поверхности измерительной головки на расстоянии от источника не менее чем 1 м.

10.6.3 Измерить расстояние l от плоскости тела накала источника излучения до приемной поверхности головки спектро метра в метрах с помощью нутромера из состава ВЭТ.

10.6.4 Рассчитать значение освещенности E_i , лк, по формуле (1):

$$E_i = \frac{I_i}{l^2} \quad (1)$$

где I_i – значение силы света i -ого источника излучения, взятое из протокола аттестации эталона, кд;

l – расстояние от плоскости тела накала источника излучения до приемной поверхности спектро метра, м.

10.6.5 Включить источник излучения, прогреть в течение 15 минут. Включить спектро радиометр. Нацелить спектро радиометр на эталонный источник излучения с помощью лазерного целеуказателя. Выполнить пятикратные прямые измерения освещенности.

10.6.6 Повторить пункты с 10.6.2 по 10.6.6 поочередно для эталонных светоизмерительных ламп накаливания и для всего диапазона эталонного телецентрического осветителя «ЭТО-2».

10.6.7 Обработку результатов измерений освещенности провести в соответствии с п. 11.5 настоящей методики поверки.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Определение относительной погрешности измерений спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ) в диапазоне длин волн от 230 до 1000 нм

11.1.1 Рассчитать среднее арифметическое результатов измерений СПЭЯ, полученных на длинах волн 230, 300, 350, 400, 450, 550, 600, 800, 1000 нм, по формуле (2):

$$\bar{L}_\lambda(\lambda) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{\lambda,i}(\lambda), \quad (2)$$

где $\bar{L}_\lambda(\lambda)$ – значения СПЭЯ, измеренные спектро radiометром на длине волны λ , Вт/(ср·м²·нм).

i – номер измерения;

n – число измерений;

λ – длина волны, нм.

11.1.2 Относительную погрешность измерений СПЭЯ $\delta_{\text{СПЭЯ},i}(\lambda)$, %, вычисляют отдельно для каждой длины волны λ (230, 300, 350, 400, 450, 550, 600, 800, 1000 нм) по формуле (3):

$$\delta_{\text{СПЭЯ},i}(\lambda) = \frac{(\bar{L}_\lambda(\lambda) - L_{\lambda,\text{эт}}(\lambda))}{L_{\lambda,\text{эт}}(\lambda)} \cdot 100\% \quad (3)$$

где $\bar{L}_\lambda(\lambda)$ – среднее арифметическое значение СПЭЯ, рассчитанное по формуле (2), Вт/(ср·м³);

$L_{\lambda,\text{эт}}(\lambda)$ – значение СПЭЯ эталонного излучателя на длине волны λ , указанное в протоколе аттестации эталона, Вт/(ср·м³).

За погрешность спектро radiометра принимают максимальную относительную погрешность из рассчитанных.

11.1.3 Спектро radiометр считается прошедшим операцию поверки по п. 10.2 с положительным результатом, если диапазон измерений СПЭЯ в диапазоне длин волн от 230 до 1000 нм составляет от $1 \cdot 10^6$ до $3 \cdot 10^8$ Вт/(ср·м³), а относительная погрешность измерений СПЭЯ не превышает $\pm 5\%$.

11.2 Определение относительной погрешности измерений спектральной плотности энергетической освещённости (СПЭО) в диапазоне длин волн от 230 до 1000 нм

11.2.1 Рассчитать среднее арифметическое результатов измерений СПЭО, полученных на длинах волн 230, 300, 350, 400, 450, 550, 600, 800, 1000 нм, по формуле (4):

$$\bar{E}_\lambda(\lambda) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{\lambda,i}(\lambda), \quad (4)$$

где $E_{\lambda,i}(\lambda)$ – значение СПЭО, измеренное спектро radiометром на длине волны λ , Вт/(м²·нм);

i – номер измерения;

n – число измерений.

11.2.2 Относительную погрешность измерений СПЭО, %, вычисляют отдельно для каждой длины волны λ (230, 300, 350, 400, 450, 550, 600, 800, 1000 нм) по формуле (5):

$$\delta_{\text{СПЭО},i}(\lambda) = \frac{(\bar{E}_\lambda(\lambda) - E_{\lambda,\text{эт}}(\lambda))}{E_{\lambda,\text{эт}}(\lambda)} \cdot 100\% \quad (5)$$

где $\bar{E}_\lambda(\lambda)$ – среднее арифметическое значение СПЭО, рассчитанное по формуле (4), Вт/м³;

$E_{\lambda,\text{эт}}(\lambda)$ – значение СПЭО эталонной лампы на длине волны λ , указанное в протоколе аттестации эталона, Вт/м³.

За погрешность спектро radiометра принимают максимальную относительную погрешность из рассчитанных.

11.2.3 Спектро radiометр считается прошедшим операцию поверки по п. 10.3 с положительным результатом, если диапазон измерений СПЭО в диапазоне длин волн от 230 до 1000 нм составляет от $1,5 \cdot 10^5$ до $2 \cdot 10^8$ Вт/м³, относительная погрешность измерений СПЭО не превышает $\pm 6,5\%$.

11.3 Определение абсолютной погрешности измерений координат цветности, коррелированной цветовой температуры и общего индекса цветопередачи

11.3.1 Рассчитать среднее арифметическое значение результатов измерений координат цветности, коррелированной цветовой температуры и общего индекса цветопередачи по формуле (6):

$$\bar{A}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{ki}, \quad (6)$$

где A_{ki} – координаты цветности, коррелированная цветовая температура, К, или общий индекс цветопередачи, измеренные спектрорадиометром;

i – номер измерения;

n – число измерений;

k – номер эталонного излучателя.

11.3.2 Абсолютная погрешность измерений координат цветности, коррелированной цветовой температуры и общего индекса цветопередачи для каждого эталонного излучателя определяется по формуле (7):

$$\Delta_{A,k_{изм}} = \bar{A}_k - A_{kэ}, \quad (7)$$

где $A_{kэ}$ – эталонные значения координат цветности, коррелированной цветовой температуры, К, или общего индекса цветопередачи k -го излучателя, взятые из протокола аттестации эталона.

11.3.3 Спектрорадиометр считается прошедшим операцию поверки по п. 10.4 с положительным результатом, если диапазон измерений координат цветности составляет для x : от 0,0039 до 0,7347, для y : от 0,0048 до 0,8338, диапазон измерений коррелированной цветовой температуры составляет от 2000 до 8000 К, диапазон измерений общего индекса цветопередачи составляет от 1 до 100; абсолютная погрешность измерений координат цветности не превышает $\pm 0,006$ для x и $\pm 0,008$ для y , коррелированной цветовой температуры не превышает ± 100 К, общего индекса цветопередачи не превышает $\pm 1,9$.

11.4 Определение относительной погрешности измерений яркости

11.4.1 Рассчитать среднее арифметическое значение результатов измерений для k -го значения яркости, кд/м², по формуле (8):

$$\bar{L}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{k,i}, \quad (8)$$

где L – яркость, измеренная спектрорадиометром, кд/м²;

i – номер измерения;

n – число измерений.

11.4.2 Относительная погрешность измерений яркости, %, определяется по формуле (9):

$$\delta_{L,k} = \frac{\bar{L}_k - L_{kэ}}{L_{kэ}} \cdot 100 \%, \quad (9)$$

где $L_{kэ}$ – значения яркости, создаваемой эталонным источником, кд/м², указанные в протоколе аттестации эталона.

11.4.3 Спектрорадиометр считается прошедшим операцию поверки по п. 10.5 с положительным результатом, если диапазон измерений яркости составляет от 1 до 100000 кд/м², а относительная погрешность измерений яркости не превышает $\pm 6,0$ %.

11.5 Определение относительной погрешности измерений освещенности

11.5.1 Рассчитать среднее арифметическое результатов измерений освещенности, лк, по формуле (10):

$$\bar{E}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{ki}, \quad (10)$$

где E_{ki} – освещенность, измеренная спектрорадиометром, лк;

i – номер измерения;

k – номер эталонного источника излучения.

11.5.2 Относительная погрешность измерений освещенности, %, определяется по формуле (11):

$$\delta_{E,k} = \frac{\bar{E}_k - E_3}{E_3} \cdot 100 \%, \quad (11)$$

где E_3 – значения освещенности, лк, эталонных излучателей (осветителя ЭТО-2 и ламп), указанные в протоколе аттестации эталона.

11.5.3 Спектрорадиометр считается прошедшим операцию поверки по п. 10.6 с положительным результатом, если диапазон измерений освещенности составляет от 10 до 100000 лк, а относительная погрешность измерений освещенности не превышает $\pm 3,5 \%$.

12 Оформление результатов поверки

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

12.2 Спектрорадиометр 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 спектрорадиометр 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 лаборатории ФГБУ «ВНИИОФИ»

Б.Б. Хлевной

Ведущий инженер ФГБУ «ВНИИОФИ»

М.В. Солодилов

Ведущий инженер ФГБУ «ВНИИОФИ»

Н.Е. Бурдакина

Инженер 1 категории ФГБУ «ВНИИОФИ»

Д.В. Добросердов

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(Рекомендуемое)
К Методике поверки МП 029.М4-23
Спектрорадиометр Specbos 1211-UV Revision 2

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

Средство измерений: Спектрорадиометр Specbos 1211-UV Revision 2
наименование средства измерений, тип

Заводской номер 2221561
заводской номер средства измерений

Принадлежащее _____
наименование юридического лица, ИНН

Поверено в соответствии с методикой поверки МП 029.М4-23 «ГСИ. Спектрорадиометр Specbos 1211-UV Revision 2. 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, °С _____
- 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	JETI LiVal
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 7.2.0
Цифровой идентификатор ПО	-

Опробование: _____

Получены результаты поверки метрологических характеристик:

Таблица А.2 – Проверка спектрального диапазона измерений

Спектральный диапазон измерений, нм	
Требования методики поверки, нм	Измеренное значение, нм
от 230 до 1000	

Таблица А.3 – Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ) в диапазоне длин волн от 230 до 1000 нм

Длина волны λ , нм	СПЭЯ, $L_\lambda(\lambda)$, Вт/(ср·м ³)		Относительная погрешность измерений СПЭЯ, %	
	Требования методики поверки	Измеренное значение	Требования методики поверки	Результат
	от $1 \cdot 10^6$ до $3 \cdot 10^8$		$\pm 5,0$	

Таблица А.4 – Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений спектральной плотности энергетической освещённости (СПЭО) в диапазоне длин волн от 230 до 1000 нм

Длина волны λ , нм	СПЭО, $E_\lambda(\lambda)$, Вт/м ³		Относительная погрешность измерений СПЭО, %	
	Требования методики поверки	Измеренное значение	Требования методики поверки	Результат
	от $1,5 \cdot 10^5$ до $2 \cdot 10^8$		$\pm 6,5$	

Таблица А.5 – Проверка диапазона измерений и определение абсолютной погрешности измерений координат цветности, коррелированной цветовой температуры и индекса цветопередачи

Таблица А.5.1 – Измерение координат цветности

Значения координат цветности эталонных излучателей	Координаты цветности x, y		Абсолютная погрешность измерений координат цветности	
	Требования методики поверки			
	x = от 0,0039 до 0,7347 y = от 0,0048 до 0,8338		Δx = ± 0,0060 Δy = ± 0,0080	
	Измеренные значения			
	x	y	Δx	Δy
x= ; y=				
x= ; y=				
x= ; y=				

Таблица А.5.2 – Измерение коррелированной цветовой температуры

Значение коррелированной цветовой температуры эталонных излучателей, К	Коррелированная цветовая температура, К		Абсолютная погрешность измерений коррелированной цветовой температуры, К	
	Требования методики поверки	Измеренное значение	Требования методики поверки	Результат
	от 2000 до 8000		± 100	

Таблица А.5.3 – Измерение общего индекса цветопередачи

Значение индекса цветопередачи эталонных излучателей	Индекс цветопередачи		Абсолютная погрешность измерений индекса цветопередачи	
	Требования методики поверки	Измеренное значение	Требования методики поверки	Результат
	от 1 до 100		± 1,9	

Таблица А.6 – Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений яркости

Значение яркости, создаваемой эталонными излучателями, кд/м ²	Яркость, L , кд/м ²		Относительная погрешность измерений яркости, %	
	Требования методики поверки	Измеренное значение	Требования методики поверки	Результат
	от 1 до 100000		± 6,0	

Таблица А.7 – Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений освещенности

Значение освещенности, создаваемой эталонными излучателями, лк расстояние м	Освещенность, E , лк		Относительная погрешность измерений освещенности, %	
	Требования методики поверки	Измеренное значение	Требования методики поверки	Результат
	от 10 до 100000		± 3,5	

Рекомендации _____

средство измерений признать пригодным (или непригодным) к применению

Исполнители: _____

должность

подпись

фамилия, инициалы