

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ТКА»



**СПЕКТРОРАДИОМЕТР**  
**«ТКА-Спектр»**

Руководство по эксплуатации  
ЮСУК.73.0001-01 РЭ

Санкт-Петербург  
2023

**ВНИМАНИЕ!**

Не приступайте к работе со Спектрорадиометром «ТКА-Спектр», не изучив содержание данного документа.

В связи с постоянной работой по совершенствованию изделия в конструкцию могут быть внесены изменения, не ухудшающие его метрологические и технические характеристики и неотраженные в настоящем документе.

Права на топологию всех печатных плат, схемные решения, программное обеспечение и конструктивное исполнение принадлежат изготовителю – ООО «НТП «ТКА».

Копирование и использование – только с разрешения изготовителя.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
<b>1. ОПИСАНИЕ</b> .....	5
<b>1.1. НАЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЯ</b> .....	5
<b>1.2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕКТРОРАДИОМЕТРА</b> .	6
<b>1.3. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ</b> .....	6
1.3.1. Устройство спектрорадиометра .....	6
1.3.2. Конструкция спектрорадиометра .....	6
1.3.3. Принцип работы .....	7
<b>1.4. КОМПЛЕКТНОСТЬ</b> .....	9
<b>1.5. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ</b> <b>СПЕКТРОРАДИОМЕТРА</b> .....	9
1.5.1. Метрологические характеристики .....	9
1.5.2. Вычисляемые параметры .....	10
1.5.3. Технические характеристики.....	11
<b>1.6. ВНЕШНИЙ ВИД И ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ</b> .....	12
1.6.1. Дисплей .....	12
1.6.2. Настройки пользователя.....	16
1.6.3. Экран с числовыми значениями.....	17
1.6.4. Графические экраны .....	18
1.6.5. Клавиатура .....	20
1.6.6. Индикация и заряд аккумулятора .....	20
1.6.7. Лазер .....	21
<b>2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ</b> .....	21
<b>2.1. ТРЕБОВАНИЯ К ВНЕШНИМ УСЛОВИЯМ</b> .....	21
<b>2.2. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ</b> .....	22

<b>2.3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ</b> .....	22
2.3.1. Включение / Выключение .....	23
2.3.2. Настройки .....	23
2.3.3. Проверка работоспособности .....	24
<b>2.4. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ</b> .....	24
2.4.1. Режим измерений .....	24
<b>3. РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ</b> .....	26
<b>3.1. ИЗМЕРЕНИЯ ЦВЕТА</b> .....	26
3.1.1. Расчёт координат $L^*a^*b^*$ .....	27
3.1.2. Определение малых цветовых различий .....	28
3.1.3. Расчет индексов цветопередачи .....	29
<b>3.2. РЕЖИМ ЯРКОСТЬ (L)</b> .....	29
<b>3.3. РЕЖИМ ОСВЕЩЁННОСТЬ (E)</b> .....	31
<b>4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ</b> .....	32
<b>5. ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ</b> .....	32
<b>6. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</b> .....	33
<b>7. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ</b> .....	35
<b>8. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ</b> .....	35
<b>9. УТИЛИЗАЦИЯ</b> .....	36
<b>10. СВЕДЕНИЯ О РЕКЛАМАЦИЯХ</b> .....	36

## **ВВЕДЕНИЕ**

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) содержит сведения о назначении, принципе действия и технических характеристиках Спектрорадиометров «ТКА-Спектр» (далее по тексту – спектрорадиометры), а также его эксплуатации, транспортировки и хранения. Спектрорадиометры выпускаются согласно ТУ 26.51.53-005-16796024-2020.

В случае передачи спектрорадиометра на другое предприятие или в другое подразделение для эксплуатации, настоящий документ следует передать вместе со спектрорадиометром.

### **1. ОПИСАНИЕ**

#### **1.1. НАЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЯ**

Спектрорадиометры предназначены для измерений яркости источников света  $L$  [ $\text{кд}/\text{м}^2$ ], освещённости, создаваемой источниками света непрерывного излучения  $E$  [лк], координат цветности в международной колориметрической системе МКО 1931(ху), коррелированной цветовой температуры источников света  $T_c$  [К], общего индекса цветопередачи  $R_a$  самосветящихся объектов,

а также отображения вычисляемых параметров:

энергетическая яркость (или энергетическая освещённость) в видимой области спектра (390-760) нм, взвешенная энергетическая яркость (или взвешенная энергетическая освещённость) синего света и опасности ожога в ограниченном спектральном диапазоне, цветовые различия  $\Delta E^*_{ab}$ , доминантная длина волны (цветовой тон), фотосинтетическая активная радиация (ФАР) в фотонных и энергетических единицах с последующей обработкой, записью и распечаткой полученной информации в графическом и цифровом виде.

## **1.2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕКТРОРАДИОМЕТРА**

Спектрорадиометры применяются для оценки цвета светотехнического оборудования в лабораториях и производственных условиях, санитарного и технического надзора в жилых и производственных помещениях, музеях, библиотеках, архивах, оперативной оценки энергоэффективности потока оптического излучения и измерения фотосинтетической облученности, изучения потенциальной светобиологической опасности излучения от различных ламп (электрических источников света) или ламповых систем (осветительных приборов).

## **1.3. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ**

### **1.3.1. Устройство спектрорадиометра**

Спектрорадиометр содержит полихроматор на основе дифракционной решетки с регистрацией разложенного излучения фотодиодной линейкой, объектив, который не требует фокусировки, с углом зрения два градуса и входной щелью постоянной ширины. Выходы полихроматора и микропроцессорной сборки соединены с блоками индикации, связи с персональным компьютером (ПК), модулями Bluetooth и записи данных на сменную micro SD карту.

### **1.3.2. Конструкция спектрорадиометра**

Конструктивно спектрорадиометр выполнен в виде единого блока. На передней торцевой крышке корпуса расположен объектив. Дополнительно для режима ОСВЕЩЁННОСТЬ (Е) применяется косинусная насадка (рассеиватель), которая накручивается на входной объектив и позволяет исключить проблемы оптико-геометрического согласования.

На задней торцевой крышке спектрорадиометра размещена клавиатура, разъём micro USB для связи с ПК и зарядки встроенной несъёмной аккумуляторной батареи, слот micro SD для установки

сменной карты. Задние ножки на корпусе спектрорадиометра позволяют установить его вертикально на горизонтальной поверхности.

На верхней стороне корпуса спектрорадиометра расположен цветной сенсорный графический жидкокристаллический дисплей (ЖК-дисплей).

На нижней стороне спектрорадиометра расположен резьбовой разъем  $\frac{1}{4}$ " для крепления на штативе, место нанесения знака проверки, место для нанесения заводского номера, место пломбирования от несанкционированного доступа.

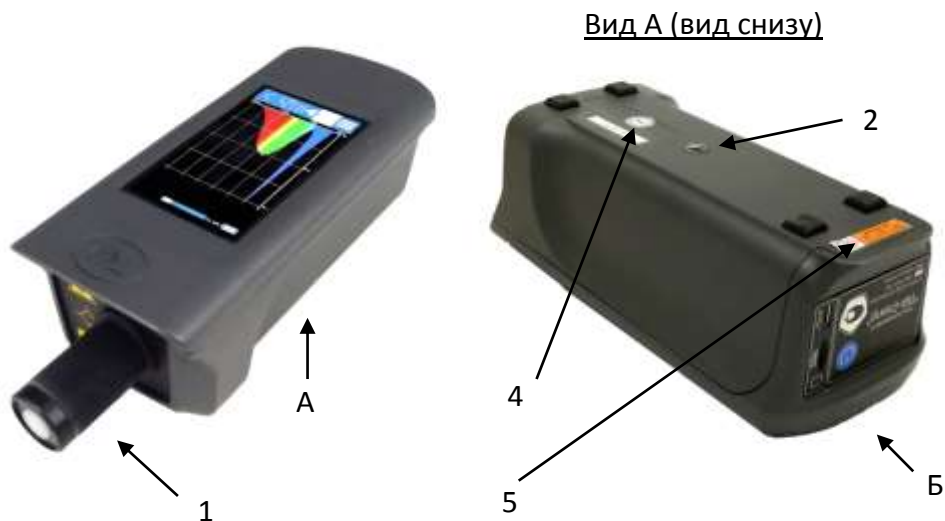
Общий вид спектрорадиометра с указанием места пломбирования, нанесения знака утверждения типа и заводского номера представлен на рисунке 1.

Варианты установки насадки на объектив спектрорадиометра в разных режимах работы представлены на рисунке 2.

**ВНИМАНИЕ.** Во избежание нарушения точной регулировки чувствительности спектрорадиометра не допускается его вскрытие.

#### **1.1.1. Принцип работы**

Принцип работы спектрорадиометра заключается в преобразовании откликов с каждого элемента фотодиодной линейки в значение спектральной плотности энергетической яркости с последующей математической обработкой результатов измерения при помощи микропроцессорного устройства. В спектрорадиометре реализована уникальная возможность измерений плотности потока фотонов фотосинтеза (Патент на полезную модель № 179245) и вычисление точных значений коррелированной цветовой температуры и координат цветности источников излучения по специальной программе, защищённой Свидетельством о регистрации программ для ЭВМ № 2003612396.



Вид Б (клавиатура)



Рисунок 1 – Общий вид спектро радиометра «ТКА-Спектр»

- 1- объектив с косинусной насадкой,
- 2- резьбовой разъём (¼ дюйма),
- 3- место нанесения знака утверждения типа,
- 4- места нанесения заводского номера и знака поверки,
- 5- место пломбирования,
- 6- место маркировки.





А)

Б)

Рисунок 2 – Установка насадки на объектив

А) – режим ЯРКОСТЬ (L), косинусная насадка снята

Б) - режим ОСВЕЩЁННОСТЬ (E)

## 1.2. КОМПЛЕКТНОСТЬ

Комплект поставки состоит из единого блока спектрорадиометра, косинусной насадки, адаптера питания, кабеля USB, диска с программным обеспечением, паспорта и руководства по эксплуатации, кейса для транспортировки и хранения, транспортной тары.

## 1.3. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕКТРОРАДИОМЕТРА

### 1.3.1. Метрологические характеристики

Диапазоны измерения:

- координат цветности в системе МКО 1931 г.  $x = 0,004 - 0,734$ ;  
 $y = 0,005 - 0,834$ ;
- коррелированной цветовой температуры, К ..... 2 000 – 10 000;
- общего индекса цветопередачи  $R_a$ , % ..... 1,0 - 100,0;

- яркости непрерывного излучения,  $\text{кд/м}^2$  ..... 10 – 25000;
- освещённости непрерывного излучения, лк ..... 100 – 150000;

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей измерений по шкале координат цветности:

- для источника типа А .....  $\pm 0,005$
- для других источников света .....  $\pm 0,020$ .

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей измерений коррелированной цветовой температуры, К (только для источников белого цвета) в диапазоне  $T_c$ :

- от 2 000 К до 2 300 К .....  $\pm 50$ ;
- более 2 300 К до 3 300 К .....  $\pm 100$ ;
- более 3 300 К до 5 100 К .....  $\pm 200$ ;
- более 5 100 К до 7 200 К .....  $\pm 500$ ;
- более 7 200 К до 10 000 К .....  $\pm 1000$ .

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений общего индекса цветопередачи  $\Delta R_a$ , % .....  $\pm 3,0$ .

Пределы допускаемой относительной погрешности измерения яркости и освещённости, % .....  $\pm 10,0$ .

### **1.3.2. Вычисляемые параметры**

Диапазоны показаний:

- спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ),  
 $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ср} \cdot \text{нм})$  .....  $1 \cdot 10^{-4} - 1$ ;
- спектральной плотности энергетической освещённости (СПЭО),  
 $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{нм})$  .....  $1 \cdot 10^{-3} - 10$ ;
- энергетической яркости непрерывного излучения,  
 $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ср})$  ..... 0,1 – 60;
- энергетической освещённости в видимой области спектра,  
 $\text{Вт}/\text{м}^2$  ..... 0,1 – 360;

- коррелированной цветовой температуры,  $K$  ..... 1600 – 50000;
- ФАР яркости (400 – 700 нм),  $\text{мкмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{ср})$  ..... 0,1 – 350;
- ФАР облучённости (400 – 700 нм),  $\text{мкмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  ..... 1 – 2000.

Взвешенная энергетическая яркость синего света  $L_B$ , опасности ожога  $L_R$  (или взвешенная энергетическая освещённость синего света  $E_B$ , опасности ожога  $E_R$ ) рассчитываются в ограниченном спектральном диапазоне 390 – 760 нм по ГОСТ Р МЭК 62471-2013 «Лампы и ламповые системы. Светобиологическая безопасность».

Координаты цветности в системах МКО 1964 ( $x, y$ ) и МКО 1976 ( $u', v'$ ) и координаты в цветовом пространстве  $L^*a^*b^*$  (светлота, тон, насыщенность, цветовое различие  $\Delta E^*_{ab}$ ).

Доминантная длина волны (цветового тона)  $\lambda_d$ , нм.

Индексы цветопередачи самосветящихся объектов: CRI или CQS.

Различие между яркостями в условиях сумеречного и дневного зрения S/P.

### **1.3.3. Технические характеристики**

Угол измерения, градус:

- без рассеивателя ..... 2;
- косинусная насадка ..... 180.

Спектральное разрешение, не более, нм ..... 10.

Дискретность, нм ..... 0,4.

Минимальный диаметр фотометрируемого участка, мм ..... 15.

Время экспозиции сигнала, с ..... 0,007 – 4.

Время измерения, с, не более ..... 60.

Прочие подключения: USB-интерфейс для ПК, Bluetooth канал кл. 2.

Питание: аккумулятор, подключение к сети для долгосрочных измерений и зарядки аккумулятора.

Ресурс батареи без подзарядки, ч ..... 20.

Срок службы спектрорадиометра, лет .....7.  
Габаритные размеры спектрорадиометра, мм, не более 250x100x80.  
Масса спектрорадиометра, кг, не более ..... 1,0.

Условия эксплуатации спектрорадиометра:

- диапазон температуры окружающего воздуха, °С ..... от 0 до +40;
- относительная влажность при +25 °С, не более, % ..... 98  
(без конденсации);
- атмосферное давление, кПа ..... от 80 до 110.


Условия транспортирования спектрорадиометра:

- диапазон температуры окружающего воздуха, °С ... от -40 до +50;
- относительная влажность при +25 °С, не более, % ..... 98.

#### **1.4. ВНЕШНИЙ ВИД И ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Внешний вид спектрорадиометра приведен на Рисунке 1.

##### **1.4.1. Дисплей**

В спектрорадиометре используется цветной сенсорный графический дисплей с подсветкой 4,3 дюйма. Выключает подсветку дисплея кнопка ВЫКЛЮЧИТЬ ПОДСВЕТКУ  в пользовательских настройках (5, Рис. 5). Обратное включение подсветки экрана — длительное нажатие в любой части затемненного экрана.

В верхней части дисплея информационная панель



отображает текущую информацию о состоянии спектрорадиометра:

- уровень заряда аккумуляторной батареи;
- процесс измерения или паузы;
- время экспозиции сигнала;
- включение Bluetooth канала.

В нижней части дисплея расположены навигационная панель (Рис. 3) с виртуальными кнопками.

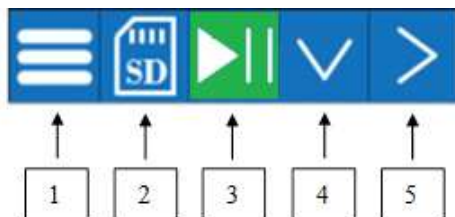


Рисунок 3 – Кнопки навигации на экране с числовыми значениями.

- Кнопка 1 предназначена для входа на экран НАСТРОЙКИ,
- Кнопка 2 – для сохранения результатов на SD карту,
- Кнопка 3 – для запуска измерений и расчетов,
- Кнопка 4 – для прокрутки строк на экране вниз,
- Кнопка 5 – для перехода к следующему экрану.


Виды информации на дисплее представлены на Рисунке 4.

После включения на дисплее отобразится экран приветствия с логотипом предприятия-изготовителя, информацией о названии и версии программного обеспечения (Рис. 4.1 А).


Далее спектрорадиометр автоматически переходит к рабочим экранам (Рис. 4.1 Б). Все рабочие экраны делятся на экраны отображения значений показаний измерений (расчетов) и на экраны пользовательских настроек.

Всего четыре типа экрана показаний измерений и расчетов:

- 1) экран с числовыми значениями (Рис. 4.2);
- 2) график спектрального распределения (Рис. 6 А);
- 3) цветовой график системы МКО (Рис. 6 Б);
- 4) гистограмма цветопередачи (Рис. 6 В).

Переход между экранами происходит с помощью кратковременного нажатием кнопки СЛЕДУЮЩИЙ ЭКРАН  (5, Рис. 3).

Для каждого экрана показаний измерений и расчетов используется свой экран пользовательских настроек.

При многочисленном количестве выбранных параметров измерения прокрутка строк на текстовом экране циклично производится нажатием на кнопку ПРОКРУТКА ВНИЗ  (4, Рис. 3).

Для перелистывания между экранами можно использовать свайп — скользящие движения по экрану влево-вправо, вверх-вниз.

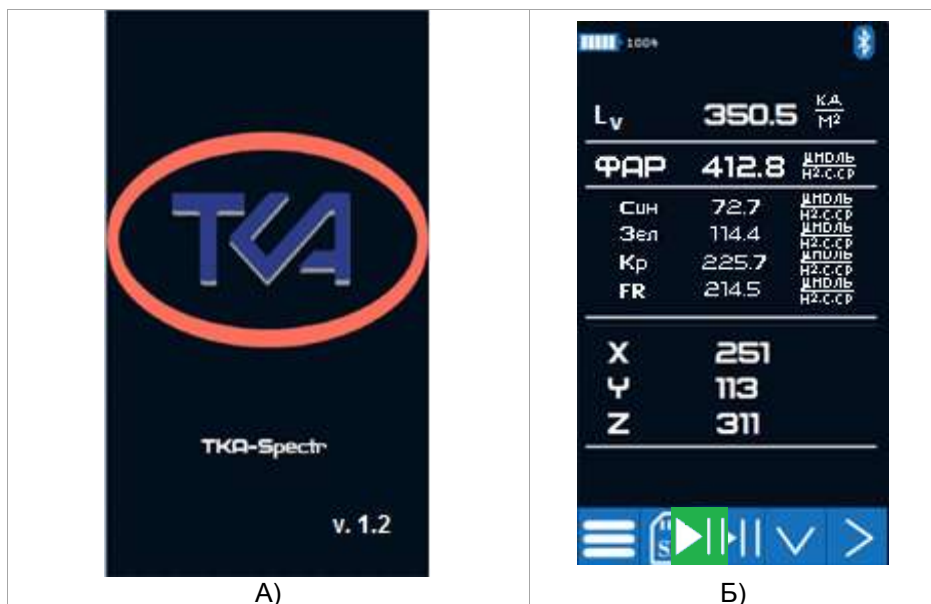


Рисунок 4.1 – Информация на дисплее

А) — экран приветствия;

Б) — текстовый экран с числовыми значениями.


$L_v$ 350.5 $\frac{К.А}{М^2}$ $E_v$ 350.5 ЛК	- яркость (режим L) или освещённость (режим E)
$L_e$ 350.5 $\frac{Вт}{М^2.СР}$ $E_e$ 412.8 $\frac{Вт}{М^2}$	- облучённость (в режиме L или E)
<b>ФАР</b> 412.8 $\frac{ДНОЛЬ}{Н^2.С.СР}$ Син 72.7 $\frac{ДНОЛЬ}{Н^2.С.СР}$ Зел 114.4 $\frac{ДНОЛЬ}{Н^2.С.СР}$ Кр 225.7 $\frac{ДНОЛЬ}{Н^2.С.СР}$ FR 214.5 $\frac{ДНОЛЬ}{Н^2.С.СР}$	- ФАР-яркость в фотонных единицах (в режиме L)
<b>ФАР</b> 412.8 $\frac{ДНОЛЬ}{Н^2.С}$ Син 72.7 $\frac{ДНОЛЬ}{Н^2.С}$ Зел 114.4 $\frac{ДНОЛЬ}{Н^2.С}$ Кр 225.7 $\frac{ДНОЛЬ}{Н^2.С}$ FR 214.5 $\frac{ДНОЛЬ}{Н^2.С}$	или ФАР облучённость в фотонных единицах (в режиме E)
<b>КЦТ</b> 2539 K	- коррелированная цветовая температура $T_c$
<b><math>\Delta E</math></b> 136.00	- цветовое различие в сравнении с эталонным излучателем $\Delta E^*_{ab}$
<b>X</b> 251 <b>Y</b> 113 <b>Z</b> 311	- координаты цвета в системах МКО: 1931 или 1964 г.г.
<b>x</b> 0.4867 <b>y</b> 0.4425 <b>u'</b> 0.2654 <b>v'</b> 0.5428 <b>L*</b> 100 <b>a*</b> 23 <b>b*</b> 68	- координаты цветности в системах МКО: 1931 г. или 1964 г. (xy), 1976 г. ( $u'v'$ ) и координаты в цветовом пространстве $L^*a^*b^*$
<b><math>\lambda_d</math></b> 585.0 нм	- доминантная длина волны (цветовой тон)
<b><math>L_B</math></b> 0.47 <b><math>L_R</math></b> 5.75	- параметры светобиологической опасности излучения (в режиме L или E)


$E_D$ 0.12 $E_R$ 2.84	
$S/P$ 1.0650	- различие между яркостями в условиях сумеречного и дневного зрения (S/P)

Рисунок 4.2 – Информация на дисплее

Примеры цифровых строк на тестовом экране.

#### 1.4.2. Настройки пользователя

От версии к версии расположение пунктов меню или их названия могут изменяться, но структура и принципы управления остаются все теми же. Для входа в настройки нажмите на кнопку НАСТРОЙКИ  (1, Рис. 3). Вид экрана пользовательских настроек представлен на Рисунке 5. Для графических экранов измерения свой экран настроек, которые позволяют сменить тип цветового графика системы МКО, систему расчета цветопередачи, другие функции графиков. Используя данный экран числовых настроек, пользователь может:

- выбрать язык интерфейса русский / английский;
- получить информацию о дате калибровки, серийном номере и версии программного обеспечения;
- выбрать режим работы ЯРКОСТЬ (L) или ОСВЕЩЁННОСТЬ (E);
- включить Bluetooth для работы с ПК;
- выполнить темновую калибровку спектрорадиометра перед измерением или выбрать заводские настройки темновой калибровки;
- включить отображение дополнительных расчетных параметров,
- включить режим сравнения результатов измерений относительно выбранного эталонного источника (клик по кнопке ИЗМЕРЕННЫЙ ЭТАЛОН  — в роли эталона измеренный сигнал);



- выключить подсветку экрана. Обратное включение подсветки экрана — длительное нажатие в любой части экрана.

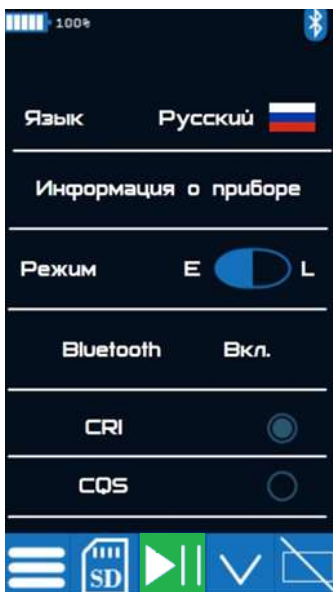


Рисунок 5 – Информация на экране  
НАСТРОЙКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Переключатель РЕЖИМ — для выбора объектива.

Кнопки навигации: 1 – для выхода из режима настройки, 2 – для сохранения результатов на SD карту, 3 – не активна, 4 – для прокрутки строк настройки вниз, 5 – выключение подсветки экрана.

### **1.4.3. Экран с числовыми значениями**

Переход на экран с числовыми значениями производится кратковременным нажатием на кнопку СЛЕДУЮЩИЙ ЭКРАН (5, Рис. 3).

Выбор дополнительных числовых значений и размерности производится на экране НАСТРОЙКИ ПРОЛЬЗОВАТЕЛЯ (см. п. 1.6.2).

Перечень отображаемых параметров:

- координаты цвета XYZ в системе МКО 1931 г. или МКО 1964 г.;
- координаты цветности  $x_u$  в системе МКО 1931 г. или МКО 1964 г.
- координаты цветности  $u'v'$  в системе МКО 1976 г.;
- коррелированная цветовая температура ( $T_c$ ), К;
- яркость ( $L_v$ ), кд/м<sup>2</sup> или fL (фут-ламберт);
- освещённость ( $E_v$ ), лк или fc (фут-кандела);
- энергетическая яркость ( $L_e$ ), Вт/(м<sup>2</sup>·ср);
- энергетическая освещённость ( $E_e$ ), Вт/(м<sup>2</sup>);
- общая ФАР-яркость (PPL), мкмоль/(м<sup>2</sup>·с·ср) или Вт/(м<sup>2</sup>);
- общая ФАР-облучённость (PPFD), мкмоль/(м<sup>2</sup>·с) или Вт/(м<sup>2</sup>);
- ФАР-яркость в поддиапазонах (Син., Зел., Кр., FR), мкмоль/(м<sup>2</sup>·с·ср) или Вт/(м<sup>2</sup>);
- ФАР-облучённость в поддиапазонах (Син., Зел., Кр., FR), мкмоль/(м<sup>2</sup>·с) или Вт/(м<sup>2</sup>);
- взвешенная энергетическая яркость синего света  $L_B$ , Вт/(м<sup>2</sup>·ср);
- взвешенная энергетическая яркость опасности ожога  $L_R$ , Вт/(м<sup>2</sup>·ср);
- взвешенная энергетическая освещённость синего света  $E_B$ , Вт/м<sup>2</sup>;
- взвешенная энергетическая освещённость опасности ожога  $E_R$ , Вт/м<sup>2</sup>;
- координаты цветности  $L^*a^*b^*$  в цветовом пространстве МКО 1976 г.;
- цветовое различие в сравнении с эталонным излучателем  $\Delta E^*_{ab}$ ;
- отношение сумеречного зрения к дневному зрению (S/P);
- доминантная длина волны (цветового тона)  $\lambda_d$ , нм.

#### **1.4.4. Графические экраны**

Смена экранов производится кратковременным нажатием на кнопку СЛЕДУЮЩИЙ ЭКРАН (5, Рис. 6). Перечень графиков, которые отображаются на дисплее спектрорадиометра (Рисунок 6):

- относительное распределение спектральной плотности интенсивности излучения (СПЭЯ или СПЭО);
- цветовой график в системе CIE ху или CIE Lu'v' или CIE Lab;
- гистограмма цветопередачи CRI или CQS с отображением числовых значений наиболее востребованных индексов цветопередачи.

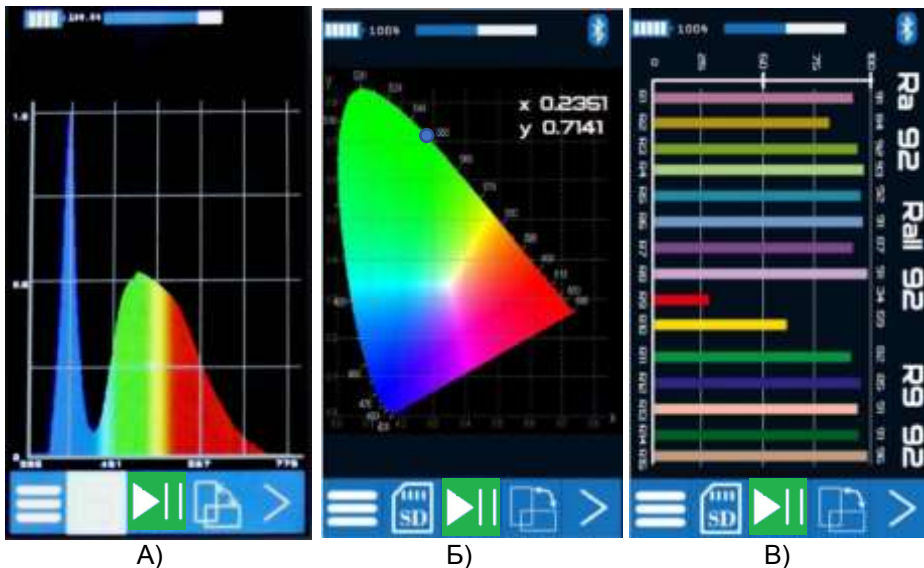



Рисунок 6 – ГРАФИЧЕСКИЕ ЭКРАНЫ

- А) — график спектрального распределения,  
Б) — цветовой график системы МКО,  
В) — гистограмма цветопередачи.

Кнопка 1 – настройки графического экрана,  
Кнопка 2 – для сохранения результатов на SD карту,  
Кнопка 3 – для запуска измерений и расчетов,  
Кнопка 4 – поворот графического экрана,  
Кнопка 5 – для перехода к следующему экрану.

При работе на графических экранах кнопка ПОВОРОТ  (4, Рис. 6) позволяет развернуть изображение графика на экране на 90 градусов.

Для перелистывания между экранами можно использовать свайп — скользящие движения по экрану влево-вправо, вверх-вниз.

Для графических экранов свои настройки, которые позволяют отобразить стандартизированные графики, сменить для цветового локуса систему МКО, выбрать систему расчета цветопередачи.

#### **1.4.5. Клавиатура**

Внешний вид клавиатуры представлен на Рисунке 1.

Включение спектрорадиометра и его отключение производится однократным нажатием кнопки ВКЛ / ВЫКЛ (1, Рис. 1).

Клавиатура спектрорадиометра состоит из одной кнопки:



ВКЛЮЧЕНИЕ / ВЫКЛЮЧЕНИЕ

#### **1.4.6. Индикация и заряд аккумулятора**

Питание спектрорадиометра осуществляется от встроенной аккумуляторной батареи 3,7В. Уровень заряда аккумулятора отображается в виде символа в верхней левой части дисплея спектрорадиометра и числового значения в процентах (см. Рис. 6). Если после включения или во время работы спектрорадиометра увидите низкий уровень заряда (менее 5%), поставьте спектрорадиометр на зарядку, подключив к спектрорадиометру через разъём micro USB запитанный адаптер питания или внешний аккумулятор. Для заряда аккумуляторной батареи следует использовать зарядное устройство с выходным напряжением 5В ( $\pm 5\%$ ) и током не менее 0,5А. Заряд аккумуляторной батареи следует производить при окружающей темпе-

ратуре от +5 до +35 °С. Время зарядки составляет 16 часов. Увеличение времени зарядки до двух суток не приводит к ухудшению работы аккумуляторной батареи. Средний срок службы аккумуляторной батареи три года.

#### **1.4.7. Лазер**

Для визуализации области фотометрирования используйте встроенный лазер, который включается при выборе через меню режим ЯРКОСТЬ (L). У спектрорадиометра установлено лазерное устройство класса 2, которое не содержит деталей, подлежащих техническому обслуживанию или ремонту.

Луч лазера не используется в процессе измерений (выключение).



Выходная мощность лазера не более 5,0 мВт. Длина волн излучения лазера 630 – 670 нм. Луч лазера смещен вправо относительно оптической оси объектива спектрорадиометра. Луч лазера излучается из передней части спектрорадиометра. Запрещается направлять луч лазера в глаза.

## **2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ**

### **2.1. ТРЕБОВАНИЯ К ВНЕШНИМ УСЛОВИЯМ**

Рекомендуется принимать меры, обеспечивающие стабильную температуру спектрорадиометра на протяжении всего времени измерений. При резком изменении температуры и влажности окружающего воздуха необходимо выдержать спектрорадиометр во времени для установления тепло-влажного равновесия между спектрорадиометром и окружающей средой. После успешного включения прибора

требуется обнулить темновые токи (п.1.6.2). Для этого затемните объектив и выполните указания на экране НАСТРОЙКИ. Дождитесь окончания процесса обнуления. Во избежание образования конденсата на объективе и дисплее при перемещении спектрорадиометра из холода в тепло, рекомендуется выдержать спектрорадиометр в закрытом кейсе для переноса не менее одного часа.

## **2.2. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

При выполнении измерений параметров источника излучения спектрорадиометром на объектив не должны попадать тени от оператора, самого спектрорадиометра и постороннее излучение.


Перед началом измерений измеряемые световые приборы стабилизируются включением на номинальное напряжение в течение времени, указанного в инструкции по их эксплуатации. Параметры излучения измеряются от всей светящейся части источника, если не указано обратное. При измерениях параметров лампы они должны находиться от спектрорадиометра на расстоянии, соответствующем не менее чем полуволновой длине излучающей поверхности лампы.

Непосредственно перед проведением измерений рекомендуется выполнить темновую калибровку прибора.


## **2.3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ**

Аккуратно распакуйте спектрорадиометр. Убедитесь в отсутствии механических повреждений на корпусе спектрорадиометра и дисплея. Проверяют состояние оптики спектрорадиометра. Для защиты объектива при транспортировке может быть установлен защитный колпачок, который необходимо снять перед эксплуатацией. На поверхности оптических деталей не допускаются царапины, помутнения и пятна.

### **2.3.1. Включение / Выключение**

Включение/ выключение спектрорадиометра осуществляется кнопкой ВКЛ / ВЫКЛ  на клавиатуре. Включите спектрорадиометр и проверьте уровень заряда по индикатору в левом верхнем углу дисплея, при необходимости проведите заряд аккумулятора, используя сетевой адаптер и кабель из комплекта поставки (см. п. 1.6.6). Выключите спектрорадиометр и упакуйте всё в кейс для хранения и переноски.

### **2.3.2. Настройки**



От версии к версии расположение пунктов меню могут изменяться. Для входа на экран НАСТРОЙКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ (см. п. 1.6.2) нажмите кнопку НАСТРОЙКИ  (1, Рис.3).


Перед началом использования спектрорадиометра рекомендуется настроить функции спектрорадиометра, а именно:

- язык интерфейса;
- включить Bluetooth для работы с ПК (на ПК использовать Bluetooth адаптер, через панель управления добавляем Bluetooth устройство, вводим пин 1234 для сопряжения);
- выполнить темновую калибровку прибора;
- включить отображение дополнительных параметров.

Далее следует определить в каком режиме будут проводиться измерения: ОСВЕЩЁННОСТЬ (E) или ЯРКОСТЬ (L). После включения спектрорадиометр готов к работе с заводской настройкой: режим ЯРКОСТЬ (L), без косинусной насадки (Рис. 2А). Для режима измерений ОСВЕЩЁННОСТЬ (E) перед измерениями требуется надеть косинусную насадку на объектив спектрорадиометра (Рис. 2Б).

Непосредственно перед проведением измерений рекомендуется выполнить темновую калибровку прибора:

- в меню настроек нажмите кнопку  пункта «темн.калибр.»;
- затемните объектив спектрорадиометра колпачком из комплекта поставки и нажмите на дисплей, дождитесь окончания измерений;
- по завершению калибровки пункт «темн.калибр.» будет отмечен знаком .

Для выхода из экрана настроек нажмите кнопку НАСТРОЙКИ  (1, Рис. 5).

### **2.3.3. Проверка работоспособности**

Периодически рекомендуется проводить проверку работоспособности и правильности показаний спектрорадиометра. В качестве контрольных образцов следует использовать эталонные или аттестованные источники излучения (лампы) типа А с известной  $T_c$ . Измерения следует проводить с соблюдением всех требований к процедуре проведения измерений (см. п. 2.4). При отклонении результатов измерения спектрального распределения от гладкого монотонного вида следует проверить соблюдение процедуры проведения измерений, провести техническое обслуживание (см. п. 4) спектрорадиометра и выполнить проверку повторно. В случае неудовлетворительного результата повторной проверки следует обратиться на предприятие-изготовитель.

## **2.4. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ**

### **2.4.1. РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЙ**

В общем случае процедура проведения измерений выполняется по следующему алгоритму:

- в случае необходимости подготовьте объект - световой прибор;



- подготовьте спектрорадиометр к работе согласно п. 2.3;
- включите спектрорадиометр (см. п. 2.3.1);
- используя настройки (см. п. 2.3.2) проведите настройку спектро-радиометра в соответствии с задачей;
- выполните темновую калибровку прибора (см. п. 2.3.2);
- подготовьте условия измерения, руководствуясь разделом «Общие рекомендации» (см. п. 2.2);
- проведите измерения (п. 3);
- проведите оценку (обработку) результатов (см. п. 2.4.2);
- проведите техническое обслуживание (см. п. 5).

#### **2.4.2. Обработка результатов измерений**

Обработка (оценка) результатов измерений может проводиться контролером непосредственно в процессе измерений на основании показаний спектрорадиометра, а также после проведения измерения партии (партий) изделий для контроля соблюдения технологии производства.

Непосредственная оценка результатов может выполняться:

- Прямым сравнением показаний спектрорадиометра с требованиями технологической документации или с произвольным эталонным источником (цветовое различие  $\Delta E^*_{ab}$ , см. п. 3.1.2). Для упрощения сравнения показаний во внешнем ПО реализована таблично-графическая фиксация серии измерений.
- Оценкой разбросов (отклонений) результатов единичных или усредненных измерений. Разбросы результатов, превышающие паспортную погрешность спектрорадиометра, могут быть обусловлены ошибками контролёра, плохой подготовкой контролируемого изделия к измерению, нарушением технологии произ-

водства и т.п. Задача контролёра разобраться в причинах повышенной погрешности.

Статистическая оценка результатов позволяет контролировать соблюдение технологии производства серийно выпускаемых светотехнических приборов. Она даёт технологу возможность отследить зависимость и тенденцию к изменению качества изделий в партии или от партии к партии. Такая оценка может быть проведена путём обработки данных измерений, сохраненных на SD карте, на ПК. Также, при работе в режиме с сохранением статистики измерений в памяти micro SD карты следует регулярно переносить (при необходимости) данные на ПК.

Bluetooth позволяет передавать данные на расстояние до 10 метров.


### **3. РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ**

#### **3.1. ИЗМЕРЕНИЯ ЦВЕТА**

Спектрорадиометр позволяет измерить цвет самосветящихся источников непрерывного излучения, расположенных произвольно относительно объектива с рассеивателем.



Устанавливают измерительный блок спектрорадиометра в рабочую точку облучаемой поверхности и ориентируют его параллельно облучаемой поверхности. Юстируют измерительный блок по углу в горизонтальной и вертикальной плоскостях для достижения максимального отсчета.

Запустите измерения кнопкой СТАРТ  (3, Рис. 3) и считайте с дисплея числовые значения координат цветности  $x_u$ ,  $u'v'$  и  $T_c$ . На основе данных для каждого цвета получаем тождественное значе-

ния цветового тона (доминантная длина волны  $\lambda_d$  в нм) и насыщенности цвета (чистота цвета  $p_e$ , опция на ПК).

### 3.1.1. Расчёт координат $L^*a^*b^*$


Данное цветовое пространство характеризуется наличием фиксированной точки белого. Эта точка является основой построения оси  $L^*$  и расположена в центре цветового графика для любого значения  $L^*$ . Следовательно, остальные источники белого света имеют некоторую цветность. Расчёт производится после выбора типа референсного источника белого (по умолчанию D65) в настройках (таблица 1). Запустите измерения кнопкой СТАРТ  (3, Рис. 3).

Таблица 1 – Координаты цвета референсных источников белого.

CIE 2° 1931	Источник					
	A	D65	C	D50	D55	D75
$X_{ref}$	109,8 5	95,04	98,07	96,42	95,68	94,97
$Y_{ref}$	100,0 0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
$Z_{ref}$	35,58	108,88	118,22	82,51	92,14	122,61
CIE 10° 1964	Источник					
	A	D65	C	D50	D55	D75
$X_{10ref}$	111,1 4	94,81	97,29	96,72	95,80	94,42
$Y_{10ref}$	100,0 0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
$Z_{10ref}$	35,20	107,32	116,14	81,43	90,93	120,64

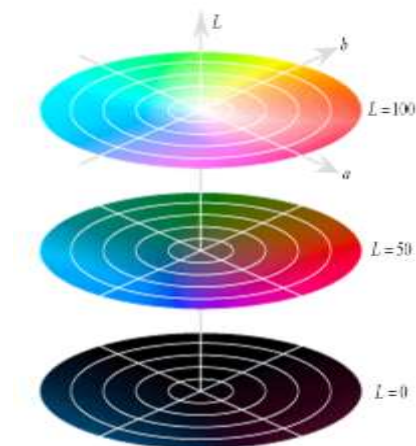


Рисунок 7 – Цветовое пространство  $L^*a^*b^*$


Цветовые параметры исследуемого источника света:

$L^*$  — коэффициент яркости (светлота) отраженного излучения от образца,  $a^*$  — (насыщенность) цветовое отличие отношения в диапазоне от зелёного до пурпурного к белому излучению,  $b^*$  — (цветовой тон) цветовое отличие отношения в диапазоне от синего до жёлтого к выбранному белому излучению.

В Lab-модели реализован принцип независимого описания цветности и яркости, который позволяет изменять яркость без искажения цветовых тонов (оттенков). Эта модель рекомендуется для представления отраженного света.


### 3.1.2. Определение малых цветовых различий

Методов расчета малых цветовых различий — более 100 различных вариантов (созданных для различных производств, красителей, контрольных источников излучения, условий и анализируемых областей цветности). Для экспериментальной проверки и практического применения источников излучения МКО за 1950 г. рекомендовал ис-

пользовать методику расчета малых цветовых различий в цветовом пространстве  $L^*a^*b^*$ . Цветовое различие  $\Delta E^*_{ab}$  позволяет численно выразить различие между двумя близкими источниками излучения. Для выбора эталонного источника перейдите в настройки референсного источника (Таблица 1) или выберите в роли эталона измеренный сигнал кликом по кнопке ИЗМЕРЕННЫЙ ЭТАЛОН .

Фон значка виртуальной кнопки сменит окрас на зелёный .

Выйти из сервисного меню.

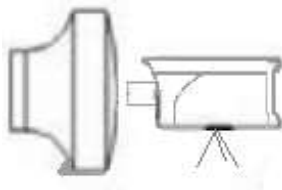
Запустите измерения кнопкой СТАРТ  (3, Рис. 3). На рабочем экране при измерениях будет выводиться результат сравнения текущих измерений с параметрами эталонного источника  $\Delta E$  (см. Рис. 4.2). Опционально на ПК можно сохранить таблично-графически результаты серии измерений.

### 3.1.3. Расчет индексов цветопередачи

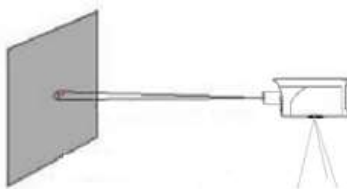
Для самосветящихся объектов с действительной  $T_c$  автоматически запускается расчёт индексов цветопередачи CRI или CQS (расчёт индексов TM-30 — опция на ПК).

### 3.2. РЕЖИМ ЯРКОСТЬ (L)


Измерение яркости (Рис. 2А) накладным методом производят на равномерно самосветящемся протяженном объекте на расстоянии 1 – 5 мм, при этом диаметр измеряемой площадки не превышает 16 мм. При измерении яркости удалённых объектов прибор обращают объективом по направлению к плоскости экрана, рекомендуемая дистанция измерения от 5 до 20 метров, диаметр площадки фотометрирования указан на Рисунке 8.



Для визуализации площадки, попадающей в угол фотометрирования спектрорадиометра, при измерениях удаленных протяженных освещаемых объектов (типа киноэкран) используйте встроенный лазер.



Рекомендуется закрепить спектрорадиометр на штативе. Наведите луч на измеряемую площадку.

Запустите измерения кнопкой СТАРТ  (3, Рис. 3), дождитесь окончания измерений и считайте с дисплея числовые значения выбранных параметров, которые можно передать по выбранному каналу на ПК или сохранить на micro SD карту памяти.

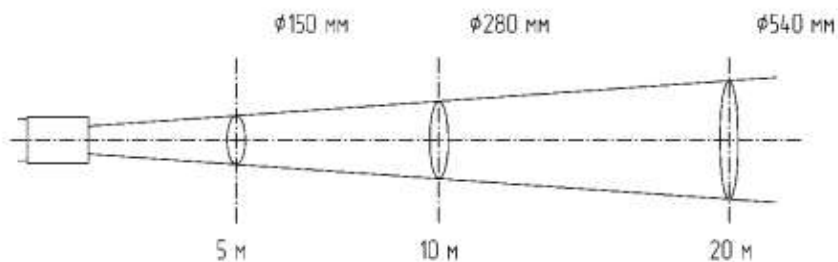


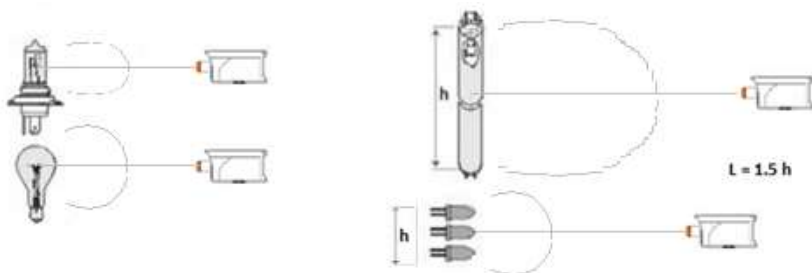
Рисунок 8 – Зависимость диаметра площадки фотометрирования от расстояния

Штатив, встроенный лазер для указания направления измерения и подсветка дисплея существенно упрощают работу со спектрорадиометром в условиях затемнённого кинозала.

**ВНИМАНИЕ.** Луч лазера излучается из передней части устройства. Не следует направлять луч лазера в глаза. Не направляйте луч лазера на зеркальные поверхности. Отражённый луч может действовать на глаза так же, как прямой луч.

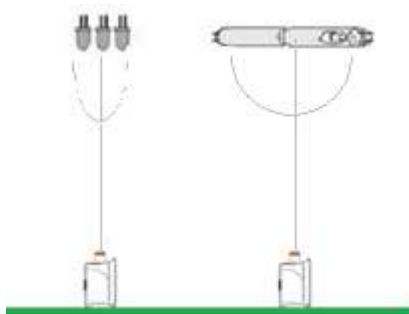
### 3.3. РЕЖИМ ОСВЕЩЁННОСТЬ (E)

Для измерения освещённости, создаваемой искусственными источниками, расположенными произвольно относительно приемника применяется косинусная насадка, которая накручивается на объектив (Рис. 2Б).



Запустите измерения, считайте с дисплея числовые значения выбранных параметров, которые можно передать по выбранному каналу на ПК или сохранить на сменную энергонезависимую карту памяти.

Измерения горизонтальной фотосинтетической облучённости, создаваемой облучающими установками, производится в ночное время или при естественной освещённости не более 100 лк. При выполнении измерений на поверхность молочного стекла косинусной насадки не должна падать тень от специалиста, проводящего замеры.



При измерениях вертикальной фотосинтетической облучённости рекомендуется использовать штатив или устойчиво установить прибор на ровной горизонтальной поверхности на торцевых корпусных ножках.

Приёмная поверхность датчика должна располагаться перпендикулярно основному направлению потока излучения (линии, связывающей источник излучения и объект) либо рекомендуется учитывать косинусную реакцию прибора при направлениях падающего излучения, соответствующих измерению и градуировке.

#### **4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ**

При загрязнении в процессе эксплуатации очищают наружные поверхности спектрорадиометра начисто от пыли и грязи материалом типа батист, поверхности оптических деталей (молочное стекло на косинусной насадке, линза входного объектива) протираются салфеткой после очистки ватой гигроскопической оптической марки Г, смоченной спиртом этиловым ректифицированным техническим, без значительных усилий. Загрязнения на поверхности дисплея можно удалить, протирая его сухой тканью, так как применение спирта или иного органического растворителя может испортить дисплей. Не допускается вскрытие корпуса спектрорадиометра. При зарядке аккумуляторной батареи от сетевого адаптера питания должны соблюдаться правила безопасности, установленные указанными в паспорте на данный адаптер. Не следует оставлять без присмотра адаптер питания, включенный в сеть.

#### **5. ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ**

Спектрорадиометр должен храниться в помещении с регулируемой температурой и влажностью в условиях по группе 1.2 ГОСТ15150-69 при температуре от +5 до +15 °С и относительной влажности воздуха не более 55 % при +15°С, среднегодовое значение относительной влажности воздуха 40 % при 15°С.



Воздух в помещении не должен содержать примесей агрессивных паров и газов. Рекомендуется надевать на объектив защитный колпачок.

Транспортирование спектрорадиометров в упаковке изготовителя может производиться любым видом закрытого транспорта без ограничения скорости (ГОСТ 15150-69, при температуре окружающего воздуха от  $-40$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности до 98% при температуре  $+35^{\circ}\text{C}$ ).

При транспортировании при температуре ниже  $0^{\circ}\text{C}$  его распаковка должна проводиться только после выдержки при температуре  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$  не менее 2 ч.

Спектрорадиометры в упаковке должны храниться на стеллажах не более чем в пять рядов.

## **6. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Программное обеспечение (далее - ПО) спектрорадиометров состоит из встроенного ПО, функционирующего в среде программируемых логических микроконтроллеров и внешнего ПО, устанавливаемого на технологический компьютер. Метрологически значимым является только встроенное ПО спектрорадиометров. Встроенное ПО предназначено для обеспечения работы спектрорадиометров в соответствии с их техническими и метрологическими характеристиками. Метрологические характеристики спектрорадиометров оценены с учетом влияния на них встроенного ПО. Встроенное ПО соответствует уровню «высокий» защиты ПО СИ от непреднамеренных и преднамеренных изменений согласно Р 50.2.077-2014 «ГСИ. Испытания средств измерений в целях утверждения типа. Проверка защиты программного обеспечения». Конструкция СИ исключает возможность несанкционированного влияния на ПО СИ и измеритель-

ную информацию. Изменение, удаление, модификация и другие, непреднамеренные и преднамеренные изменения метрологически значимой части ПО без нарушения целостности корпуса прибора или пломбы невозможны. Взаимодействие оператора с спектро-радиометром осуществляется с помощью экранного меню сенсорного графического дисплея. С технологическим компьютером спектро-радиометр взаимодействует по интерфейсу USB.

Протокол передачи данных содержит следующие данные: идентификатор режима измерений; спектральная плотность энергетической яркости (СПЭЯ) или спектральная плотность энергетической освещённости (СПЭО); координаты цветности системы МКО 1931 ху; коррелированная цветовая температура; выбранный референсный источник; рассчитанное цветовое различие  $\Delta E^*_{ab}$ .

Программное обеспечение спектро-радиометра идентифицируется посредством отображения наименования и номера версии ПО. При включении прибора на дисплее отображается информация о ПО. Идентифицировать работающее ПО возможно через сервисное меню в разделе Информация о приборе, содержащее дату калибровки, серийный номер и номер версии ПО. Идентификационные данные встроенного ПО спектро-радиометров приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Идентификационные данные встроенного ПО

<b>Идентификационные данные (признаки)</b>	<b>Значение</b>
Идентификационное наименование ПО	ТКА - Spectr
Номер версии (идентификационный номер) ПО	v.1.34 и выше
Цифровой идентификатор ПО	недоступно пользователю

Внешнее ПО метрологически значимой части не имеет, представляет собой интерфейс для передачи результатов измерения на экран технологического компьютера, позволяет работать с архивом данных результатов измерений. Внешнее ПО предназначено для работы на персональном компьютере под управлением ОС семейства Microsoft Windows 7/8/10.

## **7. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ**

ГПС «Государственная поверочная схема для средств измерений координат цвета и координат цветности, показателей белизны и блеска» (Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2516 от 27.11.2018 г.).

ГПС «Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучения» (Приказ Росстандарта № 3460 от 30.12.2019 г.)

## **8. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

Возможные неисправности приведены в таблице 3.

Таблица 3 — Возможные неисправности спектрорадиометра

<b>Неисправность, внешнее проявление</b>	<b>Вероятная причина</b>	<b>Способ устранения</b>
При включении не загорается дисплей	Разряжена аккумуляторная батарея (при этом моргает часто индикатор питания)	Произвести зарядку аккумуляторной батареи
	Выключена подсветка экрана	Включить подсветку экрана.
При увеличении сигнала, создаваемого ис-	Сбой в работе внутренней флэш-памяти	Выключить спектро-радиометр, включить.

точником светового потока, на индикаторе не происходит измененный значения облучённости	Механический обрыв в электрической схеме	При повторе ошибки связаться с изготовителем.
При включении не отображается логотип, при измерениях не прорисовывается график цветового локуса.	Сбой в работе внешней флэш-памяти	Выключить спектро-радиометр, включить.  При повторе ошибки связаться с изготовителем.

## 9. УТИЛИЗАЦИЯ

Спектрорадиометр подлежит утилизации согласно законодательным актам РФ. Спектрорадиометры не содержат материалов, оказывающих вредное воздействие на окружающую среду.

## 10. СВЕДЕНИЯ О РЕКЛАМАЦИЯХ

Предложения и замечания по работе Спектрорадиометра, а также по содержанию и оформлению эксплуатационной документации, просьба направлять Изготовителю по почтовому адресу: **Российская федерация, 192289, г. Санкт-Петербург, Грузовой проезд, д.33/1, лит. Б, по тел. +7 (812) 331-19-83; по электронной почте: info@tkaspb.ru**

Наименование и логотип НТП «ТКА» являются товарными знаками Общества с ограниченной ответственностью «Научно-технического предприятия «ТКА».

Словесный товарный знак Bluetooth и логотип являются собственностью Bluetooth SIG, Inc.