


СОГЛАСОВАНО



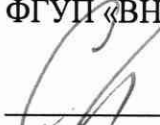
Заместитель директора  
ФГУП «ВНИИОФИ»

  
И.С. Филимонов  
« 18 » 11 2022 г.


**«ГСИ. Фотометры ЭКСПЕРТ-003.  
Методика поверки»**

**МП 044.Д4-22**

Главный метролог  
ФГУП «ВНИИОФИ»

  
С.Н. Негода  
« 18 » 11 2022 г.

Главный научный сотрудник  
ФГУП «ВНИИОФИ»

  
В.Н. Крутиков  
« 18 » 11 2022 г.

Москва  
2022 г.

## 1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на Фотометры ЭКСПЕРТ-003 (далее - фотометры) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки. Фотометры предназначены для измерений оптической плотности растворов и оптически прозрачных твердых тел с дальнейшим пересчетом в результат лабораторного теста, в том числе для фотометрического титрования.

По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы оптической плотности (ГЭТ 206-2016) и/или Государственному первичному эталону единиц спектральных коэффициентов направленного пропускания, диффузного и зеркального отражений в диапазоне длин волн от 0,2 до 20,0 мкм (ГЭТ 156-2015) в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений оптической плотности, утвержденной приказом Росстандарта №2085 от 28.09.2018 для ГЭТ 206-2016 или государственной поверочной схемой для средств измерений спектральных, интегральных, редуцированных коэффициентов направленного пропускания, диффузного и зеркального отражений и оптической плотности в диапазоне длин волн от 0,2 до 20,0 мкм, утверждённой приказом Росстандарта № 2517 от 27.11.2018 для ГЭТ 156-2015. Поверка фотометров выполняется методом прямых измерений.

Метрологические характеристики фотометров указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики фотометров

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений оптической плотности, Б	от 0,02 до 1,50
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений оптической плотности, Б: в диапазоне от 0,02 до 0,65 Б включ., в диапазоне св. 0,65 до 1,50 Б	$\pm 0,02$ $\pm 0,06$

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений			10
Проверка диапазона измерений оптической плотности, определение абсолютной погрешности измерений	Да	Да	10.1

оптической плотности			
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	11

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

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

### 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки следует соблюдать следующие условия:

- температура воздуха от +15 до +25 °С;
- относительная влажность воздуха, не конденсирующаяся, от 40 до 80 %;
- атмосферное давление от 96 до 104 кПа.

### 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускают лиц, изучивших настоящую методику поверки и руководство по эксплуатации фотометров и прошедших полный инструктаж по технике безопасности, прошедших обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

### 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 3 – Средства поверки

Операция поверки, требующая 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 15 до 25 °С с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,8$ °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне 10 до 100 % с абсолютной погрешностью не более $\pm 3$ %.	Термогигрометр электронный «CENTER» модели 315, рег. № 22129-09
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 кПа (от 600 до 800 мм рт.ст.); Пределы допускаемых погрешностей, не более: - основной $\pm 0,2$ (1,5) кПа (мм рт.ст.) - дополнительной $\pm 0,5$ (3,75) кПа (мм рт.ст.)	Барометр-анероид метеорологический «БАММ-1», рег. № 5738-76
п. 10 Определение метрологических характеристик	Эталоны оптической плотности, не ниже уровня рабочего эталона, по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта №2085 от 28.09.2018 оптической плотности в диапазоне оптической плотности от 0,02 до 1,50 Б; пределы допускаемой абсолютной погрешности значений оптической плотности	Комплект мер оптической плотности КМОП-Н-Р, (рег. № 83203-21) Диапазон оптической плотности от 0,01 до 4,00 Б; Пределы

	<p style="text-align: center;"><math>\pm (0,006...0,02) \text{ Б}</math> или</p> <p>Наборы мер спектральных коэффициентов и оптической плотности в ранге рабочего эталона согласно государственной поверочной схемы для средств измерений спектральных, интегральных, редуцированных коэффициентов направленного пропускания, диффузного и зеркального отражений и оптической плотности в диапазоне длин волн от 0,2 до 20,0 мкм, утверждённой приказом Росстандарта № 2517 от 27.11.2018</p> <p>Диапазон спектральных коэффициентов направленного пропускания от 0,03 до 92 (оптической плотности от 0,02 до 1,50 Б); Пределы допускаемой абсолютной погрешности спектральных коэффициентов направленного пропускания <math>\pm 0,0025</math> (оптической плотности <math>\pm (0,001 \text{ до } 0,036) \text{ Б}</math></p>	<p>допускаемой абсолютной погрешности значений оптической плотности мер №№ 1 – 3 составляют <math>\pm 0,006 \text{ Б}</math>, мер №№ 4 – 6 составляют <math>\pm 0,01 \text{ Б}</math>, меры № 7 составляет <math>\pm 0,02 \text{ Б}^1)</math></p> <p>или</p> <p>Комплекты светофильтров КНС-10.2<sup>2)3)</sup> рег. 64279-16</p> <p>или</p> <p>Комплекты светофильтров КНС-10.5<sup>2)3)</sup> рег. 65272-16</p> <p>вспомогательное оборудование: Дозатор механический одноканальный ВЮНТ, (рег. № 36152-07) диапазон измерений от 100 до 1000 мкл, с пределом допускаемой относительной погрешности <math>\pm 2,0 \%^4)</math> кюветы 10 × 10 мм для проведения анализа<sup>4)</sup></p>
--	---	--

<sup>1)</sup> действительные (номинальные) значения оптической плотности для каждой меры указываются в протоколе поверки

<sup>2)</sup> действительные (номинальные) значения СКНП для каждого светофильтра в диапазоне длин волн от 250 до 2500 нм указываются в протоколе поверки;

<sup>3)</sup> значение оптической плотности D, Б, рассчитывают по формуле  $D = -\lg T$ , где T – значение спектрального коэффициента направленного пропускания, %, взятое из протокола поверки комплекта светофильтров КНС-10.2; Абсолютная погрешность измерений оптической плотности ( $\Delta D$ , Б) определяется по формуле  $\Delta D = 0,43(\Delta T/T)$ , где  $\Delta T$  – абсолютная погрешность измерений СКНП, %, T – значение СКНП, %. Значения T,  $\Delta T$  приведены в протоколе поверки на комплект светофильтров КНС-10.2.

<sup>4)</sup> применяется в случае использования мер оптической плотности, представляющих собой жидкость (например, Комплект мер оптической плотности КМОП-Н-Р)

5.2 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью.

5.3 Средства поверки должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке.

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

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

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

## **7 Внешний осмотр средства измерений**

7.1 Комплектность поверяемого фотометра должна соответствовать комплектности, приведенной в описание типа на фотометр.

7.2 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- наличие маркировки, подтверждающей тип и идентифицирующей поверяемый фотометр;
- сохранность пломбирования;
- отсутствие на наружных поверхностях поверяемого фотометра повреждений, влияющих на его работоспособность.

7.3 Фотометр считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если корпус, внешние элементы, органы управления и индикации не повреждены, отсутствуют механические повреждения, а комплектность соответствует разделу «Комплектность» описания типа на фотометр.

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

8.1 Провести контроль условий поверки на соответствие п. 3 с помощью средств измерений температуры окружающей среды, влажности и атмосферного давления, указанных в таблице 3. Полученные значения занести в протокол поверки.

8.2 Подготовка к поверке фотометра модификации ЭКСПЕРТ-003-1 проводится путём подключения фотометрической ячейки к измерительному преобразователю при помощи соединительного кабеля. Если фотометр укомплектован фотометрической ячейкой типа ФЯ-1 или ФЯ-1МТ, установить в кюветное отделение и зафиксировать двумя винтами переходник П1. Если фотометр укомплектован фотометрической ячейкой типа ФЯ-2, установить в кюветное отделение и прочно зафиксировать двумя винтами переходник П2.

8.3 Подготовка к поверке фотометра модификации ЭКСПЕРТ-003-2 или ЭКСПЕРТ-003-3 проводится путём установки в кюветное отделение и фиксации двумя винтами переходника П1.

8.4 Проверка выхода на рабочий режим фотометров проводится путём включения фотометра в соответствии с указаниями, приведёнными в руководстве по эксплуатации. Для включения фотометра модификации ЭКСПЕРТ-003-1 или ЭКСПЕРТ-003-2 нажать и удерживать в течении 2 секунд кнопку «ВКЛ». Для включения фотометра модификации ЭКСПЕРТ-003-3 переведите выключатель на задней панели в положение «ВКЛ».



После включения должен сработать короткий звуковой сигнал, на дисплее отобразится сообщения с наименованием и логотипом фирмы-изготовителя («Эконикс-Эксперт»), наименованием модификации прибора и шифр версии программного обеспечения.

Через несколько секунд на дисплее отобразится информация о степени заряда аккумулятора после чего на экране фотометра отображается главное меню.

8.5 Фотометр считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если он вышел на рабочий режим в полном соответствии п. 8.4 настоящей методики.

## **9 Проверка программного обеспечения средства измерений**

9.1 Проверить соответствие наименования программного обеспечение (далее - ПО) и номера версии ПО фотометра данным, указанным в таблице 4 настоящей методики поверки. следующим образом:

-на выключенном фотометре нажать кнопку «ИЗМ» и, удерживая её нажатой, включить фотометр согласно п. 8.2;

-дождаться появления на дисплее идентификационных данных (признаков) метрологически значимой части ПО фотометра, которые должны отобразиться на дисплее после заставки и информации о заряде аккумулятора.

9.2 Фотометр считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Э003
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	2.12
Цифровой идентификатор ПО	-

## **10 Определение метрологических характеристик средства измерений**

### **10.1 Проверка диапазона измерений оптической плотности, определение абсолютной погрешности измерений**

10.1.1 Установить рабочую длину волны фотометра 525 нм в соответствии с разделом 2.7.1 «Установка длины волны» руководства по эксплуатации и перевести фотометр в состояние измерения оптической плотности в соответствии с разделом 2.7.4.1 руководства по эксплуатации на фотометр. Оставить фотометр на 20 минут для прогрева.

10.1.2 Произвести обнуление прибора по фоновому сигналу следующим образом: установить пустую рамку из комплекта стеклянных светофильтров (например, КНС-10.2) или установить кювету с дистиллированной водой (при применении мер оптической плотности типа КМОП-Н-Р) в переходник кюветного отделения фотометра, нажать кнопку «НОЛЬ» и произвести измерение оптической плотности.

10.1.3 Установить в переходник кюветного отделения фотометра светофильтр №1 из комплекта стеклянных светофильтров (КНС-10.2) (далее - светофильтры) или кювету, содержащую 400 мл меры № 1 из Комплекта мер оптической плотности КМОП-Н-Р (далее – меры), и провести измерение оптической плотности 5 раз.

10.1.4 Повторить действия, описанные в п.п. 10.1.2 и 10.1.3 для светофильтров или мер аттестованные значения оптической плотности, взятые из протокола поверки, в диапазоне от 0,02 до 1,5 Б расчётные, на основе аттестованных значений СКНП, на длине волны 525 нм.

10.1.5 Провести обработку результатов измерений в соответствии с п. 11.1.

## 11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

### 11.1 Обработка результатов измерений оптической плотности

Обработка результатов измерений проводится в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011

11.1.1 По полученным данным в соответствии с п. 10 рассчитать среднее арифметическое значение оптической плотности,  $\bar{D}$ ,  $B$ , для каждого светофильтра/меры по формуле

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad (1)$$

где  $D_i$  – измеренное значение оптической плотности фотометром,  $B$ ;  
 $n$  – количество повторов измерений на фотометре, равное пяти.

11.1.2 По результатам измеренных значений оптической плотности воздуха (или дистиллированной воды) рассчитать среднее арифметическое в пустой рамке,  $\bar{D}_B$ ,  $B$ , по формуле

$$\bar{D}_B = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad (2)$$

где  $D_i$  – измеренное значение оптической плотности фотометром,  $B$ ;  
 $n$  – количество повторов измерений на фотометре, равное пяти.

11.1.3 Рассчитать абсолютное среднее квадратическое отклонение измерений оптической плотности для каждой меры по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{(n-1)}} \quad (3)$$

11.1.4 Рассчитать абсолютное среднее квадратическое отклонение среднего арифметического результата измерений оптической плотности для каждой меры по формуле

$$S_{\bar{D}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

11.1.5 Рассчитать значение границы случайной погрешности оптической плотности по формуле

$$\varepsilon_D = t \cdot S_{\bar{D}} \quad (5)$$

где  $t$  – коэффициент Стьюдента (значение коэффициента Стьюдента  $t = 2,776$  при  $P=0,95$ ,  $n-1 = 4$  по ГОСТ Р 8.736-2011).

11.1.6 Рассчитать границу абсолютной неисключенной систематической погрешности результата измерений оптической плотности при доверительной вероятности  $P = 0,95$  по формуле

$$Q_D = \pm \sum_n^m |Q_{iD}| = \pm (|\bar{D} - \bar{D}_B - D_{3j}| + |\Delta D_{3j}|) \quad (6)$$

где  $Q_{iD}$  – граница  $i$ -й неисключенной систематической погрешности результата измерений оптической плотности;

$\Delta D_{3j}$  – абсолютная погрешность значения оптической плотности светофильтра из Комплекта светофильтров КНС-10.2,  $B$ , рассчитанное по формуле

$$\Delta D_{3j} = 0,43 \left( \frac{\Delta T}{T} \right) \quad (7)$$

где  $\Delta T$  – абсолютная погрешность измерений СКНП, %,  $T$  – значение СКНП на длине волны 525 нм, %, взятые из протокола поверки на Комплект светофильтров КНС-10.2

$D_{\lambda j}$  – значение оптической плотности  $j$ -го светофильтра на длине волны 525 нм, рассчитанное по формуле

$$D_{\lambda j} = -\lg T \quad (8)$$

11.1.7 Рассчитать пределы абсолютной погрешности результата измерений оптической плотности по формуле

$$\Delta_D = k_D \cdot S_{D \text{ сумм}} \quad (9)$$

где  $k_D$  – коэффициент, рассчитываемый по эмпирической формуле

$$k_D = \frac{\varepsilon_D + Q_D}{S + \frac{Q_D}{\sqrt{3}}} \quad (10)$$

$S_{D \text{ сумм}}$  – оценка суммарного СКО рассчитывается по формуле

$$S_{D \text{ сумм}} = \sqrt{\left(\frac{Q_D}{\sqrt{3}}\right)^2 + S^2} \quad (11)$$

11.1.8 Фотометр считают выдержавшим этап поверки, если рассчитанное значение абсолютной погрешности измерений оптической плотности не превышает  $\pm 0,02$  Б в диапазоне от 0,02 до 0,65 Б включ.;  $\pm 0,06$  Б в диапазоне св. 0,65 до 1,50 Б.

## 12 Оформление результатов поверки

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

12.2 Фотометры считаются прошедшими поверку с положительным результатом и допускаются к применению, если все операции поверки пройдены с положительным результатом, а также соблюдены требования по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства. В ином случае фотометры считаются прошедшими поверку с отрицательным результатом и не допускаются к применению.

12.3 При положительных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено свидетельство о поверке в установленной форме.

12.4 При отрицательных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено извещение о непригодности в установленной форме с указанием причин непригодности.

12.5 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник отдела Д-4

А.В. Иванов

Начальник сектора отдела Д-4

Н.Ю. Грязских

Ведущий инженер-метролог отдела Д-4

А.А. Рочев





$\varepsilon$								
k								
Сумм								
$\Delta$								

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Результат (соответствие)
Диапазон измерений оптической плотности, Б	от 0,02 до 1,50	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений оптической плотности, Б: в диапазоне от 0,02 до 0,65 Б включ., в диапазоне св. 0,65 до 1,50 Б	$\pm 0,02$ $\pm 0,06$	

5 Заключение по результатам поверки:

Начальник  
отдела:

\_\_\_\_\_  
Подпись                  Фамилия И.О.

Дата поверки:

Поверитель:

\_\_\_\_\_  
Подпись                  Фамилия И.О.