

---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

---



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р  
(проект, 1-я  
редакция)

---

Государственная система обеспечения единства измерений

**ИЗМЕРИТЕЛИ ОПТИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ, ИСТОЧНИКИ  
ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ИЗМЕРИТЕЛИ ОБРАТНЫХ ПОТЕРЬ И  
ТЕСТЕРЫ ОПТИЧЕСКИЕ МАЛОГАБАРИТНЫЕ В ВОЛОКОННО-  
ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

Методика поверки

Издание официальное

Москва  
Стандартинформ  
202\_



## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений» (ФГБУ «ВНИИОФИ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 206 «Эталоны и поверочные схемы»"

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

4 ВЗАМЕН ГОСТ Р 8.720-2010

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет ([www.rst.dov.ru](http://www.rst.dov.ru)).*

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 202\_

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

1 Область применения.....	2
2 Нормативные ссылки.....	2
3 Обозначения и сокращения.....	3
4 Общие положения.....	3
5 Перечень операций поверки СИ.....	5
6 Требования к условиям проведения поверки.....	6
7 Требования к специалистам, осуществляющим поверку.....	6
8 Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	6
9 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки.....	8
10 Внешний осмотр СИ.....	8
11 Подготовка к поверке и опробование СИ.....	9
12 Проверка программного обеспечения СИ.....	9
13 Определение метрологических характеристик средства измерений.....	9
14 Подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям.....	17
15 Оформление результатов поверки.....	21

## НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Государственная система обеспечения единства измерений

### **ИЗМЕРИТЕЛИ ОПТИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ, ИСТОЧНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ИЗМЕРИТЕЛИ ОБРАТНЫХ ПОТЕРЬ И ТЕСТЕРЫ ОПТИЧЕСКИЕ МАЛОГАБАРИТНЫЕ В ВОЛОКОННО- ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

#### **Методика поверки**

Optical power meters, optical radiation sources, return loss meters and optical testers for fiber-optical information transfer systems. Verification method.

---

Дата введения – 20..... –

#### **1 Область применения**

1.1 Настоящий стандарт распространяется на измерители оптической мощности, источники оптического излучения измерители обратных потерь (далее - ИОП) и тестеры оптические малогабаритные в волоконно-оптических системах передачи и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Настоящий стандарт может применяться при поверке средств измерений и эталонов, находящихся в эксплуатации до введения настоящего стандарта.

#### **2 Нормативные ссылки**

2.1 В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

Государственная поверочная схема для средств измерений длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации, утвержденной приказом Росстандарта от 5.12.2019 №2862 (далее – поверочная схема).

ГОСТ 12.1.040-83 ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения

ГОСТ 31581-2012 Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий.

ГОСТ 12.2.003-91 система стандартов безопасности труда. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.

Порядок проведения поверки средств измерений, утверждённый приказом Минпромторга от 31.07.2020 № 2510.

ГОСТ 8.395-80 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования

ГОСТ Р 8.973-2019 ГСИ. Национальные стандарты на методики поверки. Общие требования к содержанию и оформлению.

ГОСТ 9805-84 Спирт изопропиловый. Технические условия.

**П р и м е ч а н и е** – При использовании настоящего стандарта следует руководствоваться действующими ссылочными нормативными документами. Проверить действие документов рекомендуется в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

### **3 Обозначения и сокращения**

В настоящем стандарте используются следующие обозначения и сокращения:

Ваттметры - измерители оптической мощности.

Источники - источники оптического излучения

ИОП - измерители обратных потерь

Тестеры - тестеры оптические малогабаритные.

ВОСП - волоконно-оптические системы передачи.

СИ - средства измерений.

Поверочная схема - Государственная поверочная схема для средств измерений длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации, утвержденной приказом Росстандарта от 5.12.2019 №2862.

РЭСМ - рабочий эталон единицы средней мощности и ослабления оптического излучения для ВОСП в соответствии с поверочной схемой

РЭОП - рабочий эталон обратных потерь в ВОСП в соответствии с поверочной схемой.

РЭ – руководство по эксплуатации

ПО - программное обеспечение

## **4 Общие положения**

4.1 Настоящий стандарт устанавливает методику первичной и периодической поверки измерителей оптической мощности, источников оптического излучения измерителей обратных потерь и тестеров оптических малогабаритных в волоконно-оптических системах передачи

4.2 Результаты измерений, полученные при поверке, должны иметь прослеживаемость к государственному первичному специальному эталону единиц длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи информации ГЭТ 170-2011, в соответствии с поверочной схемой.

4.3 Метрологические характеристики поверяемых средств измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики измерителей

Наименование характеристики	Значение
Ваттметр и измерители оптической мощности тестеров	
Рабочий спектральный диапазон измерений оптической мощности, нм	от 400 до 2500
Длины волн градуировки, нм	Фиксированные значения в диапазоне от 400 до 2500
Диапазон измерений оптической мощности, Вт (дБм)*	от $10^{-15}$ до 100 (от -120 до +50)
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений оптической мощности на длинах волн градуировки, % (дБ)	от 2,5 до 15 (от 0,11 до 0,70)
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений относительных уровней оптической мощности, % (дБ)	от 2,0 до 5,0 (от 0,11 до 0,22)
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений оптической мощности в рабочем спектральном диапазоне, % (дБ)	от 7 до 15 (от 0,3 до 0,7)
Источники, включая источники оптического излучения тестеров	
Нестабильность уровня оптической мощности, %, не более:	3
Длины волн источников, нм	Фиксированные значения в диапазоне от 400 до 2500
Измерители обратных потерь	
Диапазон измерений обратных потерь на фиксированных длинах волн в диапазоне от 0,8 до 1,8 мкм, дБ	от 0,05 до 70,0
Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений обратных потерь, дБ;	от 0,1 до 3,0
* - дБм – абсолютный уровень мощности, определяемый как:	
$P_{\text{дБм}} = 10 \lg \frac{P_{\text{Вт}}}{1000}$	



4.4 Межповерочный интервал устанавливается в соответствии с описанием типа поверяемого СИ.

4.5 В случае несоответствия требований настоящего стандарта и Государственной поверочной схемы (ГПС), необходимо руководствоваться нормами ГПС.

## 5 Перечень операций поверки СИ

5.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта настоящего стандарта	Проведение операции при:	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр СИ	10	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование СИ	11	Да	Да
Проверка программного обеспечения СИ	12	Да	Да
Определение метрологических характеристик СИ	13		
Сличение ваттметра с РЭСМ	13.1	Да	Да
Определение спектральной характеристики ваттметра	13.2	Да	Да
Определение длин волн излучения источника	13.3	Да	Да
Определение мощности на выходе источника и её нестабильности	13.4	Да	Да
Определение временных характеристик источника	13.5	Да	Да
Определение диапазона измерений и абсолютной погрешности измерений уровня обратных потерь	13.6	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	14		
Подтверждение соответствия ваттметров метрологическим требованиям	14.1.	Да	Да

Окончание таблицы 2

Наименование операции	Номер пункта настоящего стандарта	Проведение операции при:	
		первичной поверке	периодической поверке
Подтверждение соответствия источников метрологическим требованиям.	14.2	Да	Да
Подтверждение соответствия ИОП метрологическим требованиям	14.3	Да	Да

## 6 Требования к условиям проведения поверки

6.1 Поверку проводят при следующих условиях:

- температура окружающей среды.....(20±5) °С
- относительная влажность воздуха.....(65±15) %
- атмосферное давление.....(100±4) кПа

## 7 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

7.1 К проведению поверки допускают лиц, изучивших настоящую методику поверки и РЭ поверяемых тестеров и средств поверки, а также их правила хранения и применения, имеющих квалификационную группу не ниже 3 в соответствии с правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020 № 903н, и имеющих опыт работы с высокоточными средствами измерений в области волоконно-оптических систем передачи информации; прошедших обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

## 8 Метрологические и технические требования к средствам поверки

8.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки.

Номер пункта стандарта на методику поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
<p>11</p> <p>Подготовка к поверке и опробование СИ</p>	<p>Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от 15 до 25 °С с абсолютной погрешностью не более 0,2 °С;</p> <p>Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне до 80 % с абсолютной погрешностью не более 2 %;</p> <p>Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,13 кПа</p>	<p>Прибор контроля параметров воздушной среды «Метеометр МЭС-200А», рег. № 27468-04</p>
<p>13.1</p> <p>Сличение ваттметра с РЭСМ</p> <p>13.4</p> <p>Определение мощности на выходе источника и её нестабильности</p>	<p>Эталоны средней мощности оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи, не ниже уровня рабочего эталона по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 05.12.2019 №2862, в диапазоне измерений:</p> <p>– средней мощности оптического излучения от <math>10^{-15}</math> до <math>10^2</math> Вт.</p> <p>Длины волн излучения источников (градуировки) фиксированные в диапазоне от 400 до 2500 нм</p> <p>Основная относительная погрешность на длинах волн градуировки от 0,5 до 5,0 %.</p>	<p>Рабочие эталоны единицы средней мощности и ослабления оптического излучения для ВОСП «РЭСМ-ВС» рег. № 65792-16</p>

Продолжение таблицы 3

Номер пункта стандарта на методику поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
<p>13.2 Определение спектральной характеристики ваттметра</p> <p>13.3 Определение длин волн излучения источника</p>	<p>Установка для измерений относительных спектральных характеристик приемников и источников оптического излучения из состава эталонов средней мощности оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи, не ниже уровня рабочего эталона по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 05.12.2019 №2862</p> <p>Диапазон длин волн: от 400 до 2500 нм.</p> <p>Погрешность измерений относительной спектральной характеристики не более 3%.</p> <p>Погрешность измерений длины волны не более 2 нм.</p>	<p>Рабочие эталоны единицы средней мощности и ослабления оптического излучения для ВОСП «РЭСМ-ВС» рег. № 65792-16</p>
<p>13.5 Определение временных характеристик источника</p>	<p>Комплект измерительных преобразователей (далее – ПР) из состава эталонов средней мощности оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи, не ниже уровня рабочего эталона по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 05.12.2019 №2862 с временем нарастания переходной характеристики от 1 до 10 нс; Спектральные диапазоны от 0,5 до 1,0 мкм и от 1,0 до 1,65 мкм.</p>	<p>Рабочие эталоны единицы средней мощности и ослабления оптического излучения для ВОСП «РЭСМ-ВС» рег. № 65792-16</p>

Окончание таблицы 3

Номер пункта стандарта на методику поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
13.5 Определение временных характеристик источника	Средство измерений импульсного электрического напряжения по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 №3463 с полосой пропускания не менее 100 МГц.	Осциллограф цифровой АКИП-4131/1 рег. № 73504-18
13.6 Определение диапазона измерений и абсолютной погрешности измерений уровня обратных потерь)	Эталоны обратных потерь в ВОСП не ниже уровня рабочего эталона по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 05.12.2019 №2862 (далее – РЭОП) Рабочие длины волн фиксированные в диапазоне от 800 до 1700 нм. Основная абсолютная погрешность измерений обратных потерь от 0,5 до 1,0 дБ.	Рабочий эталон обратных потерь в ВОСП «РЭОП» рег. № 52363-13

8.2 По запросу Заказчика допускается проведение поверки для меньшего числа метрологических характеристик, в сокращённом динамическом и спектральном диапазоне, а также отдельных каналов.

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

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

## **9 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки**

9.1 При проведении поверки соблюдают требования, установленные ГОСТ 12.1.040-83, правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанными в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020 № 903н, нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров по ГОСТ 31581-2012.

9.2 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.

9.3 Система электрического питания системы должна быть защищена от колебаний и пиков сетевого напряжения, искровые генераторы не должны устанавливаться вблизи поверяемого тестера.

9.4 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.

## **10 Внешний осмотр СИ**

10.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- наличие маркировки, подтверждающей тип и идентифицирующей поверяемое СИ;
- отсутствие на наружных поверхностях поверяемого СИ повреждений, влияющих на его работоспособность;
- отсутствие ослаблений элементов конструкции, сохранность пломб, чистота разъемов;
- целостность волоконно-оптических кабелей и разъемов.

10.1.2 Комплектность поверяемого СИ должна соответствовать комплектности, приведенной в нормативной документации (эксплуатационная документация и описание типа).

10.1.3 Поверяемое СИ считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если корпус, внешние элементы, органы управления и индикации не повреждены, отсутствуют механические повреждения и ослабления элементов конструкции, а комплектность поверяемого СИ соответствует разделу «Состав СИ» или аналогичному разделу Руководства по эксплуатации.

## **11 Подготовка к поверке и опробование СИ**

11.1 Перед проведением поверки изучают РЭ на поверяемое и применяемые СИ

11.2 Устанавливают на рабочем месте поверяемое СИ и РЭСМ.

11.3 Протирают специальным тампоном, смоченным изопропиловым спиртом (ГОСТ 9805-84), оптический разъем поверяемого СИ и РЭСМ. Протирают специальной салфеткой, смоченной изопропиловым спиртом, торцы волоконно-оптических кабелей, используемых при проведении поверки.

11.4 Подготавливают поверяемое СИ к работе согласно его РЭ. Проводят прогрев всех включенных приборов в течение получаса если иное не указано в их РЭ.

11.5 Поверяемое СИ считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если его программное обеспечение (далее – ПО) запускается и отображается на его экране в виде соответствующего окна приложения согласно описанию в РЭ.

## **12 Проверка программного обеспечения СИ**

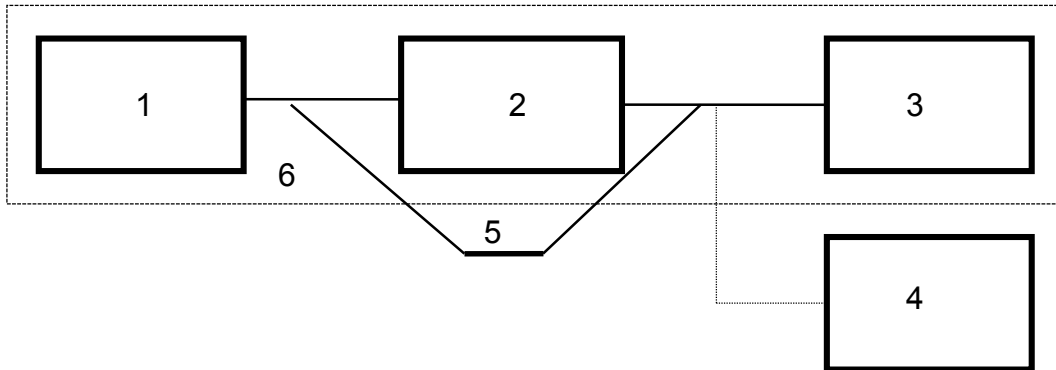
12.1 Проверяют соответствие заявленных идентификационных данных ПО сведениям, приведенным в описании типа на поверяемое СИ. Для этого включают поверяемое СИ, в появившемся рабочем окне программы, в строке статуса отображаются идентификационные данные ПО.

12.2 Поверяемое СИ считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в описании типа - идентификационное наименование ПО и номер версии ПО.

## 13 Определение метрологических характеристик

### 13.1 Сличение ваттметра с РЭСМ

13.1.1 Возможны два метода сличения ваттметра с РЭСМ. По первому методу собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 1.



1 - источник излучения стабилизированный из состава РЭСМ; 2 - аттенюатор оптический; 3 - ваттметр из состава РЭСМ; 4 - поверяемый ваттметр; 5 - волоконно-оптические кабели; 6 - РЭСМ.

Рисунок 1 – блок-схема установки для сличения ваттметра с РЭСМ

13.1.2 Сличение ваттметра с РЭСМ проводят на длине волны 1550 нм, для чего все приборы, показанные на рисунке, переводят в режим работы на этой длине волны.

13.1.3 Выход оптического аттенюатора подключают к входу ваттметра и регулировкой аттенюатора устанавливают на его выходе мощность, равную максимально измеряемой поверяемым ваттметром.

13.1.4 Проводят  $n$  ( $n = 5$ ) измерений мощности последовательно ваттметром РЭСМ и поверяемым ваттметром.

13.1.5 Повторяют операцию по п. 13.1.4, последовательно уменьшая мощность (с шагом от 3 до 5 дБ), дойдя до минимально измеряемой поверяемым ваттметром или РЭСМ мощности.

13.1.6 Определяют относительную разницу в показаниях ваттметра РЭСМ и поверяемого ваттметра  $\theta_{ij}$ , % по формуле

$$\theta_{ij} = 100 \frac{P_{ij} - P_{oij}}{P_{oij}}; \quad (1)$$

где  $P_{oij}$ ;  $P_{ij}$  – соответственно показания ваттметра РЭСМ и поверяемого ваттметра при  $i$ -ом измерении в точке  $j$ , Вт.



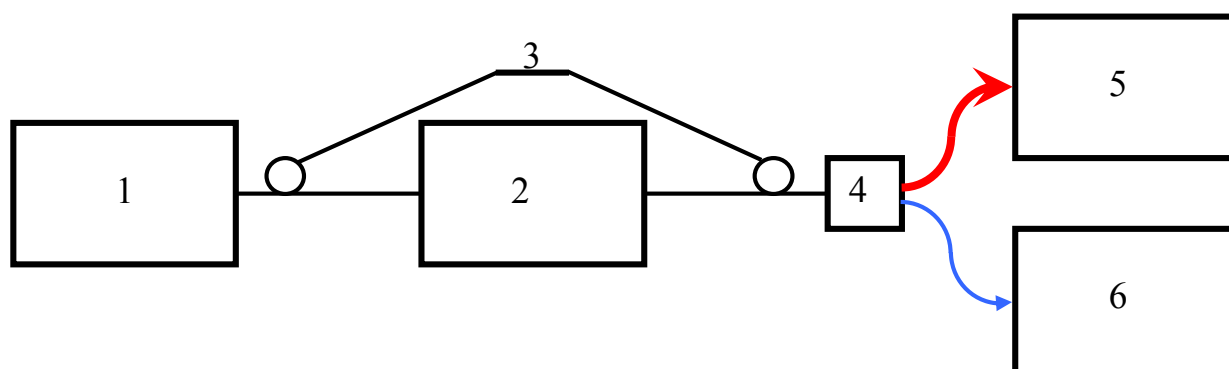
13.1.7 Далее по формулам (2) и (3) определяют соответственно среднее значение  $\theta_j$ , % и СКО  $S_j$ , % относительной разницы показаний ваттметра РЭСМ и поверяемого ваттметра в точке  $j$ .

$$\theta_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \theta_{ij}; \quad (2)$$

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\theta_{ij} - \theta_j)^2}{n(n-1)}}; \quad (3)$$

13.1.8 Повторяют операции по п.п. 13.1.1 – 13.1.6 на крайних длинах волн градуировки спектрального диапазона поверяемого ваттметра (обычно это 850 нм и 1625 или 1650 нм). На остальных длинах волн градуировки поверяемого ваттметра проводят операции по п.п. 13.1.1 – 13.1.4.

13.1.9 Если в состав РЭСМ входит волоконно-оптический делитель, то возможно использование второго метода сличения ваттметра с РЭСМ – сличения с делителем. Для этого собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 2.



1 - источник излучения стабилизированный из состава РЭСМ. 2 - аттенюатор волоконно-оптический. 3 - волоконно-оптические кабели; 4 – делитель волоконно-оптический; 5 - ваттметр из состава РЭСМ; 6 - поверяемый ваттметр.

Рисунок 2 - Схема соединений приборов при сличении с использованием волоконно-оптического делителя.

13.1.10 Включают источник на длине волны 1550 нм, регулировкой аттенюатора устанавливают на его выходе мощность, равную максимально измеряемой поверяемым ваттметром и проводят пять последовательных измерений мощности РЭСМ  $P_{1i}$ , Вт ( $i$  – от 1 до 5). Определяют среднее значение измеренной мощности  $P_1$ , Вт по формуле (4)

$$P_1 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 P_{1i}; \quad (4)$$

13.1.11 Выполняют соответствующее переключение выходов делителя волоконно-оптического на схеме соединений (рисунок 2), как показано на рисунке 3.

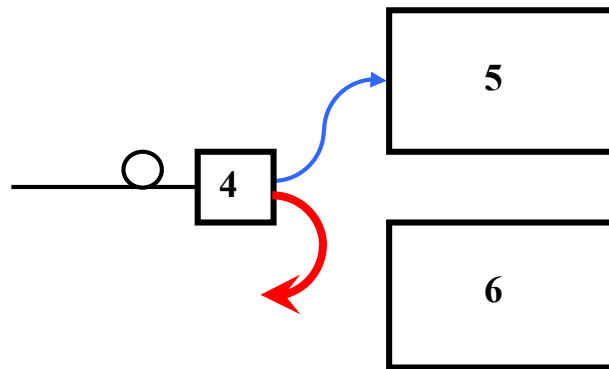


Рисунок 3

13.1.12 Не изменяя значения мощности источника, проводят пять последовательных измерений мощности РЭСМ  $P_{2i}$ , Вт ( $i$  – от 1 до 5). Определяют среднее значение измеренной мощности  $P_2$ , Вт по формуле (5)

$$P_2 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 P_{2i}; \quad (5)$$

13.1.13 Переключают выходы делителя волоконно-оптического, как показано на рисунке 2.

13.1.14 Проводят пять пар одновременных измерений мощности поверяемым ваттметром и РЭСМ, при этом, перед каждым измерением оптической мощности оптический разъём делителя волоконно-оптического, подключённого к поверяемому ваттметру отсоединяют от его оптического входа и вновь подсоединяют.

13.1.15 Повторяют операции по п. 13.1.13, последовательно уменьшая мощность (с шагом от 3 до 5 дБ), дойдя до минимально измеряемой поверяемым ваттметром или РЭСМ мощности, при этом разъём делителя волоконно-оптического, остаётся постоянно подключённым к поверяемому ваттметру.

13.1.16 Проводят операции по п. 13.1.6, где  $P_{ij}$ , Вт - показания поверяемого ваттметра при  $i$ -ом измерении в точке  $j$ , а  $P_{oij}$ , Вт – показания РЭСМ, приведённые к значению мощности на входе поверяемого ваттметра по формуле (6)

$$P_{oij} = \frac{P_2}{P_1} P_{РЭСМij} = K \cdot P_{РЭСМij} \quad (6)$$

где  $P_{РЭСМij}$ , Вт - значение мощности на входе делителя волоконно-оптического 4, подключённому к РЭСМ;

13.1.17 Повторяют операции по п.п. 13.1.8 – 13.1.15 на крайних длинах волн градуировки спектрального диапазона поверяемого ваттметра (обычно это 850 нм и 1625 или 1650 нм). На остальных длинах волн градуировки поверяемого ваттметра не проводят операцию по п. 13.1.14.

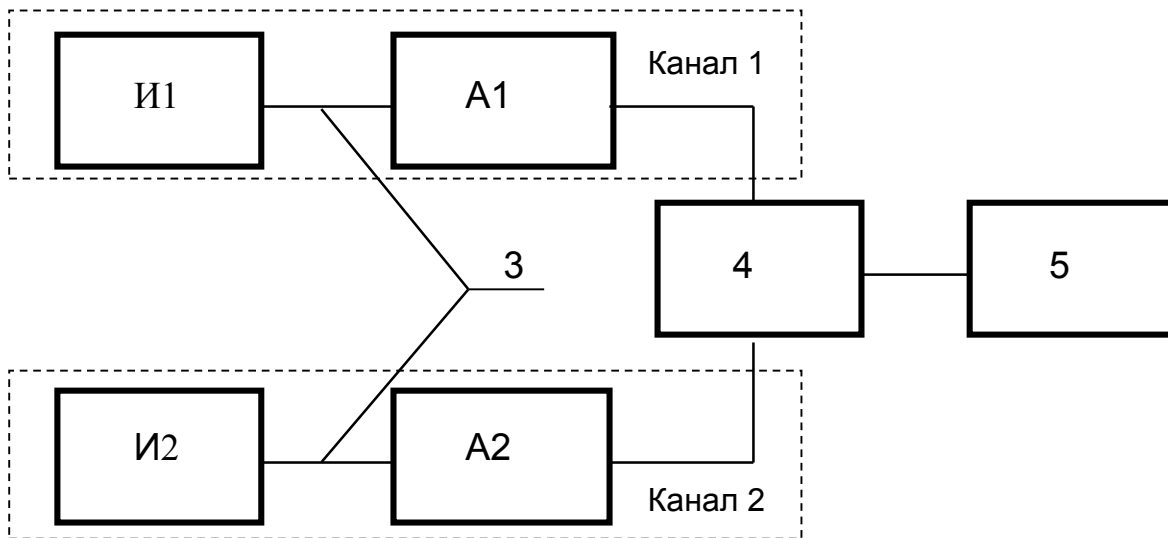
13.1.18 Делитель волоконно-оптический является составной частью РЭСМ и при первичной аттестации РЭСМ должна проверяться временная стабильность его коэффициента деления  $K$ , равного отношению значений мощности на его выходах. Как правило, при проведении операции сличения поверяемого ваттметра с РЭСМ используется делитель с коэффициентом деления близким к единицы. Допускается использование делителей с коэффициентом деления от 1 до 100. Если к РЭСМ подключить выход делителя с большим уровнем мощности, а к поверяемому ваттметру с меньшим, то динамический диапазон при проведении сличения расширится в сторону малых уровней мощности приблизительно на коэффициент деления. Если к РЭСМ подключить выход делителя с меньшим уровнем мощности, а к поверяемому ваттметру с большим, то динамический диапазон при проведении сличения расширится в сторону высоких уровней мощности приблизительно на

коэффициент деления (если источник излучения стабилизированный и другие устройства из состава РЭСМ обеспечивают работу с такими уровнями мощности).

13.1.19 Как правило, современные РЭСМ работают под управлением компьютера и выдают готовый результат сличения с учётом расчётов по формулам (1) – (6)

13.1.20 Если диапазон измерений средней мощности в сторону малых уровней меньше, чем у поверяемого ваттметра то на оставшихся после проведения операций по п.п. 13.1.1 – 13.1.8 диапазонах измеряют нелинейность ваттметра.

13.1.21 Измерение нелинейности ваттметра проводят на установке для измерений нелинейности приемников оптического излучения. Схема установки приведена на рисунке 4.



И1, И2 - источники оптического излучения стабилизированные; А1, А2 - аттенюаторы оптические с затвором; 3 – кабели волоконно-оптические; 4 – делитель волоконно-оптический; 5 - поверяемый ваттметр.

Рисунок 4 – Блок-схема установки для измерений нелинейности приемников оптического излучения в ВОСП

13.1.22 Подготавливают установку к работе на одной из длин волн, на которой проводились операции по п.п. 13.1.1 – 13.1.6.

13.1.23 Устанавливают ослабление аттенюаторов А1 и А2 таким образом, чтобы мощность, измеренная ваттметром, была одной и той же, когда излучение приходит только по каналу 1 или каналу 2 (затвор аттенюатора другого канала закрыт), и при этом суммарная мощность от каналов 1 и 2 превышала не менее, чем в 3 раза значению мощности  $P_{ij}$ , при которой проводились последние измерения по пункт 13.1.5.

13.1.24 Закрывают затворы обоих каналов и устанавливают нулевые показания поверяемого ваттметра.

13.1.25 Открывают затвор канала 1 и регистрируют показания поверяемого ваттметра  $P_{1i}$ .

13.1.26 Открывают затвор канала 2 и регистрируют показания поверяемого ваттметра  $P_{\Sigma i}$  при обоих открытых затворах.

13.1.27 Закрывают затвор канала 1 и регистрируют показания поверяемого ваттметра  $P_{2i}$ .

13.1.28 Определяют значение нелинейности  $\theta_{Li}$ , % по формуле (7)

$$\theta_{Li} = 100 \cdot \left( \frac{P_{\Sigma i}}{P_{1i} + P_{2i}} - 1 \right) \quad (7)$$

13.1.29 Увеличивают ослабление каждого из аттенюаторов А1 и А2 приблизительно в два раза таким образом, чтобы показания поверяемого ваттметра при обоих открытых затворах  $P_{\Sigma i}$ , Вт равнялись показаниям поверяемого ваттметра при одном открытом затворе на предыдущем шаге  $P_{1(i-1)}$ , Вт, при этом как можно точнее соблюдают равенство показаний при каждом отдельно открытом канале:  $P_{1i} = P_{2i}$ , Вт.

13.1.30 Повторяют операции по 13.1.25 – 13.1.29 для всего оставшегося диапазона измерений мощности поверяемого ваттметра.

13.1.31 Вычисляют значение общей нелинейности  $\theta_L$ , %, последовательно суммируя локальные  $i$ -е значения нелинейности, начиная от точки  $P_0$ , Вт ( $i=0$ ), где нелинейность равна нулю, по формуле (8)

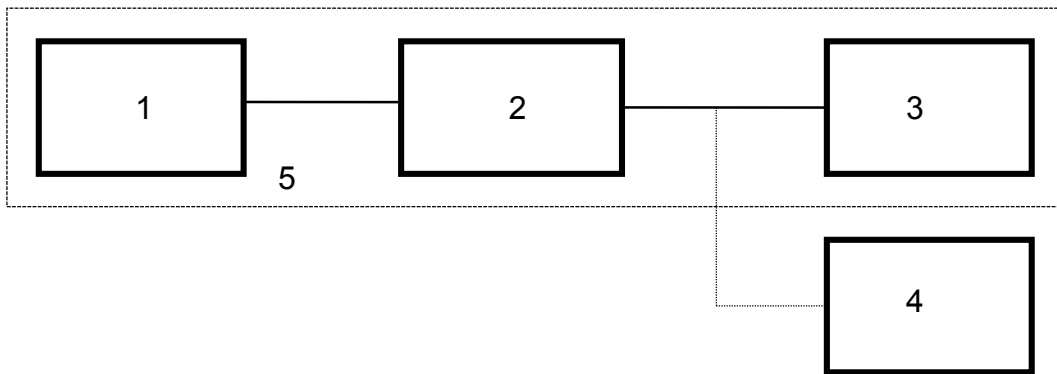
$$\theta_L = - \sum_{i=0}^{n+1} \theta_{Li}, \quad n = 1, 2, 3 \dots; \quad (8)$$

где  $n < 0$  соответствует значениям мощности меньше  $P_0$ ;

13.1.32 Проводят операции по 13.1.23 – 13.1.32 на всех длинах волн, на которых проводились операции по п.п. 13.1.1 – 13.1.6.

### 13.2 Определение спектральной характеристики ваттметра

13.2.1 Проводят измерение относительной спектральной характеристики измерителя мощности на установке для измерений относительных спектральных характеристик приемников и источников из состава РЭСМ согласно методике работы на этой установке. Для этого подключают исследуемый измеритель к установке, как показано на рисунке 5.



1 – осветитель; 2 – монохроматор; 3 – опорный приемник; 4 – исследуемый измеритель; 5 – установка для измерений спектральных характеристик приемников и источников из состава РЭСМ.

Рисунок 5 – Схема установки для измерения относительной спектральной характеристики измерителя.

13.2.2 Если в поверяемом ваттметре предусмотрена предварительная установка длин волн измеряемого излучения, то при измерении спектральной

характеристики на ваттметре устанавливаются те же значения длин волн, что и на счетчике монохроматора.

13.2.3 Неравномерность спектральной характеристики  $\theta_c$ , % определяют в каждом спектральном диапазоне, если он не один, по формуле

$$\theta_c = 100 \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S_k} \quad (8)$$

где  $S_{\max}$ ;  $S_{\min}$ , отн.ед. - соответственно максимальное и минимальное значение относительной спектральной характеристики в каждом спектральном диапазоне, если он не один;

$S_k$ , отн.ед. - значение относительной спектральной характеристики на длине волны градуировки.

13.2.4 Если в поверяемом ваттметре не предусмотрена предварительная установка длин волн измеряемого излучения, то при измерении спектральной характеристики на ваттметре устанавливается длина волны градуировки.

### **13.3 Определение длин волн излучения источника**

13.3.1 Проводят измерение длин волн и ширины спектра излучения по уровню 0,5 источника на установке для измерений относительных спектральных характеристик приемников и источников согласно методике работы на этой установке. Для этого в схеме на рисунке 5 излучение на вход монохроматора подают не от осветителя, а от поверяемого источника, подключив оптический кабель между выходным оптическим разъёмом источника и оптическим разъёмом на входной щели монохроматора.

### **13.4 Определение мощности на выходе источника и её нестабильности**

13.4.1 Проводят предварительный прогрев источника на одной из длин волн излучения в течение интервала времени, указанного в его технической документации.

13.4.2 Подают оптическое излучение от поверяемого источника с помощью волоконного кабеля на оптический вход ваттметра РЭСМ.

13.4.3 Регистрируют показания ваттметра РЭСМ в течение времени, за которое нормируется нестабильность выходной мощности источника в его технической документации, но не менее чем за 15 минут с интервалом в 1 минуту. При измерении нестабильности более чем за 1 час допускается увеличивать время между двумя измерениями до 10 минут.

13.4.4 Операции по п.п. 13.4.1 – 13.4.3 проводят для всех длин волн излучения источника.

### **13.5 Определение временных характеристик источника**

13.5.1 Проверку временных характеристик проводят для источников, работающих не только в непрерывном, но и в импульсном режиме. Как правило, источники тестеров имеют частоту модуляции 270 Гц и одно или несколько фиксированных значений частоты в диапазоне от 1 до 100 кГц.

13.5.2 По данному разделу рекомендации проверяют отсутствие выброса более 10 % на переднем фронте оптического импульса, а так же его временные характеристики, нормируемые в технической документации на источник из следующего перечня:

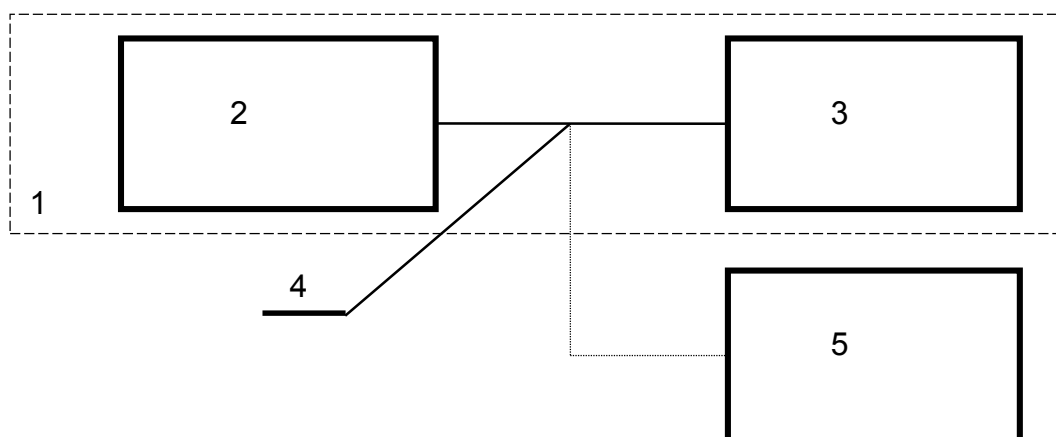
- частота повторения импульса;
- скважность;
- длительность фронта;
- неравномерность плоской вершины.

13.5.3 Подают излучение от поверяемого источника через волоконно-оптический кабель на вход ПР и по картинке на экране осциллографа, подключенного к выходу ПР, определяют требуемые в технической документации временные характеристики импульсного излучения (из перечня п. 13.5.2), а так же проверяют отсутствие выброса на переднем фронте оптического импульса.



### 13.6 Определение диапазона измерений и абсолютной погрешности измерений уровня обратных потерь

13.6.1 Для определения диапазона измерений и абсолютной погрешности измерений уровня обратных потерь путем сравнения значений мер обратных потерь, измеренных последовательно с помощью исследуемого анализатора и измерителя обратных потерь (далее – ИОП) из состава РЭОП, собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 5.



1 - РЭОП; 2 – меры обратных потерь; 3 - ИОП из состава РЭОП; 4 - волоконно-оптический кабель; 5 – поверяемый ИОП.

Рисунок 5 – блок-схема установки для сличения анализатора с РЭОП

13.6.2 Измеряют последовательно поверяемым ИОП (5) и ИОП из состава РЭОП (3) значения обратных потерь для каналов № № 1, 2, 3, 4, 5 меры 1550 нм

согласно Руководству по эксплуатации, регистрируя соответствующие значения  $A_{ij}$ , и  $A_{0ij}$ , дБ ( $i = 1 - 5$  – номер канала меры).

13.6.3 Проводят операции по п. 13.6.2 еще 2 раза, регистрируя соответствующие значения  $A_{ij}$  и  $A_{0ij}$  ( $i=1 - 5$  – номер канала меры,  $j=1 - 5$  – номер цикла измерений).

13.6.4 Проводят операции по п. 13.6.2 и п. 13.6.3 на всех рабочих длинах волн поверяемого РЭОП

## **14 Подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям**

### **14.1 Подтверждение соответствия ваттметров метрологическим требованиям**

14.1.1 Для ваттметров и тестеров нормируется основная погрешность на длинах волн градуировки, а также может нормироваться погрешность измерений относительных уровней мощности и основная погрешность в рабочем спектральном диапазоне. Допускается нормировать погрешность в спектральном диапазоне как дополнительную погрешность от неравномерности чувствительности в рабочем спектральном диапазоне.

14.1.2 Фактическое значение основной относительной погрешности на длине волны градуировки  $\Delta_r$ , % по результатам поверки вычисляют по формуле

$$\Delta_r = 2 \cdot \sqrt{\frac{\theta_r^2 + \theta_0^2}{3} + S_p^2} \quad (9)$$

где  $S_p$  – максимальное значение СКО  $S_j$ , %, вычисленного в п. 13.1.7

$$S_p = \max_j S_j \quad (10)$$

Если сличение ваттметра с РЭСМ проводится по п.п. 13.1.1 – 13.1.8 или по п.п. 13.1.9 – 13.1.18, то  $\theta_r$  – максимальное значение  $\theta_j$ , %, вычисленного в п. 13.1.7:

$$\theta_r = \max_j \theta_j \quad (11)$$

Если сличение ваттметра с РЭСМ проводится с добавлением измерений по п.п. 13.1.22– 13.1.33, то  $\theta_j^*$  определяется в точке начала измерений нелинейности (п. 13.1.11) и  $\theta_r$  определяется по формуле

$$\theta_r = \theta_j^* + \theta_l \quad (12)$$

$\theta_0$  – основная погрешность РЭСМ на длине волны градуировки

14.1.3 Фактическое значение основной относительной погрешности измерений относительных уровней мощности  $\Delta_{отн}$ , % по результатам поверки определяют по формуле

$$\Delta_{отн} = 2 \cdot \sqrt{\frac{\theta_2^2 + \theta_{00}^2}{3} + S_p^2} \quad (13)$$

где  $\theta_{00}$  – погрешность измерений относительных уровней мощности РЭСМ, выраженная в %;

14.1.4 Если сличение ваттметра с РЭСМ проводится по п.п. 13.1.1 – 13.1.8 или по п.п. 13.1.9 – 13.1.18, то

$$\theta_2 = \max_j \{ |\theta_{cp}| - |\theta_j| \}, \% \quad (14)$$

14.1.5 Если сличение ваттметра с РЭСМ проводится с добавлением измерений по п.п. 13.1.22– 13.1.33, то  $\theta_j^*$ , % определяется в точке начала измерений нелинейности (п. 13.1.11) и  $S_p$  определяется по формуле (10)

14.1.6 Фактическое значение основной относительной погрешности измерений мощности в рабочем спектральном диапазоне  $\Delta_\lambda$ , % определяют по формуле:

- если в ваттметре не предусмотрена предварительная установка длины волны излучения, то

$$\Delta_{\lambda} = 2 \cdot \sqrt{\frac{\theta_{\Gamma}^2 + \theta_o^2 + \theta_{\lambda}^2}{3} + S_{\text{P}}^2} \quad (15)$$

где  $\theta_{\lambda}$ , %- основная погрешность установки для измерения спектральных характеристик или по формуле:

- если в ваттметре предусмотрена предварительная установка длины волны излучения

$$\Delta_{\lambda} = 2 \cdot \sqrt{\frac{\theta_{\Gamma}^2 + \theta_o^2 + \theta_{\lambda}^2 + \theta_c^2}{3} + S_{\text{P}}^2} \quad (16)$$

где  $\theta_c$ , % – неравномерность спектральных характеристик в данном диапазоне (если их несколько), полученная по п. 13.2.3.

$\theta_{\Gamma}$ , % в формулах (12) и (13) определяется из условий использования формул (9) и (10)

14.1.7 Расчет погрешности проводят на каждой рабочей длине волны (или в каждом спектральном диапазоне) отдельно.

14.1.8 Для ваттметров, у которых не предусмотрена предварительная установка длины волны излучения, вводится спектральная поправка  $A_{\lambda}$ , дБ или спектральный поправочный коэффициент  $K_{\lambda}$ , отн.ед. Результат измерений мощности излучения  $P$  с длиной волны  $\lambda$ , отличной от длины волны градуировки, определяют по формулам:

$$P = A_{\lambda} + B \quad (17)$$

$$P = K_{\lambda} \cdot B \quad (18)$$

где  $B$  – показания ваттметра при измерении мощности на длине волны, отличной от длины волны калибровки, в дБ – для формулы 17 или в Вт, для формулы 18.

14.1.9 Спектральную поправку определяют по формуле

$$A_{\lambda} = A_k + (S_{\lambda} - S_k), \text{ дБ} \quad (19)$$

где  $S_{\lambda}$ ;  $S_k$  - значения относительных спектральных характеристик на длине волны  $\lambda$  и длине волны градуировки, выраженные в дБ.

14.1.10 Спектральный поправочный коэффициент определяют по формуле

$$K_{\lambda} = K_k \frac{S_k}{S_{\lambda}}, \text{ отн. ед.} \quad (20)$$

где  $S_{\lambda}$  и  $S_k$  выражены в %.

14.1.11 Полученные значения основной относительной погрешности измерений мощности на длине волны градуировки, основной относительной погрешности измерений относительных уровней мощности и основной относительной погрешности измерений мощности в рабочем спектральном диапазоне не должны превышать пределы, установленные в технической документации на поверяемый прибор во всём его диапазоне измерений мощности.

## **14.2 Подтверждение соответствия источников метрологическим требованиям.**

14.2.1 Полученные значения длин волн и ширины спектра излучения должны находиться в пределах, установленных в технической документации на поверяемый источник.

14.2.2 Нестабильность источника  $\theta_{\text{И}}$ , % определяют по формуле

$$\theta_{\text{И}} = 2 \cdot \frac{(P_{\text{max}} - P_{\text{min}})}{(P_{\text{max}} + P_{\text{min}})} \cdot 100 \quad (21)$$

где  $P_{\text{max}}$  и  $P_{\text{min}}$ , Вт – соответственно, максимальное и минимальное значения мощности, зафиксированные за время измерений (п. 13.4.3).

14.2.3 За значение мощности излучения источника  $P_i$ , Вт принимают  $P_{\min}$ , Вт – минимальное из полученных значений при измерении нестабильности источника для каждой длины волны.

14.2.4 Полученные значения оптической мощности и её нестабильности для всех длин волн не должны превышать предел, установленный в описании типа на поверяемый источник или тестер.

### **14.3 Подтверждение соответствия ИОП метрологическим требованиям.**

14.3.1 Определяют значение абсолютной погрешности измерений обратных потерь  $\Delta_{\text{обр}}$ , дБ по формуле

$$\Delta_{\text{обр}} = \max_{i=1\dots 3} \left\{ \frac{\sum_{j=1}^3 A_{ij}}{3} - \frac{\sum_{j=1}^3 A_{0ij}}{3} \right\} \quad (22)$$

14.3.2 Поверяемый ИОП считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если на длинах волн градуировки диапазон измерений уровня обратных потерь и значения абсолютной погрешности измерений уровня обратных потерь не превышает значений, установленных в описании типа на поверяемый ИОП.

## **15 Оформление результатов поверки**

15.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки в свободной форме. Протокол может храниться на электронных носителях.

15.2 Поверяемое СИ считается прошедшим поверку с положительным результатом и допускается к применению, если все операции поверки пройдены с положительным результатом и полученные значения метрологических характеристик удовлетворяют требованиям к СИ в соответствии с его описанием типа, а также соблюдены требования по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства. В ином случае СИ считается прошедшим поверку с отрицательным результатом и не допускается к применению.

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

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

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

---

УДК \_\_\_\_\_

ОКС 17.180

Ключевые слова: меры индуктивности, меры взаимной индуктивности, методика поверки, эталон индуктивности, средства измерений

---

Руководитель организации – разработчика

директор

ФГБУ «ВНИИОФИ»

\_\_\_\_\_

И.С. Филимонов

Руководитель разработки

начальник отделения

ФГБУ «ВНИИОФИ»

\_\_\_\_\_

В.С. Бормашов

Разработчик:

начальник лаборатории

ФГБУ «ВНИИОФИ»

\_\_\_\_\_

И.С. Королёв