

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
ФГУП «ВНИИОФИ»





В.С. Борماشов

«20» 02 2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Трап-детекторы ТП03-16У (НН03-S1337) с усилителем

Методика поверки

МП 013.Ф2-19

Главный метролог
ФГУП «ВНИИОФИ»



С.Н. Негода

«20» 02 2019 г.

Москва
2019 г.

1 Введение

Настоящая методика распространяется на трап-детекторы ТП03-16У (НН03-S1337) с усилителем, предназначенные для преобразования оптического излучения в электрический сигнал для измерений малых уровней мощности и энергии лазерного излучения, и устанавливает методы их первичной и периодических поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

В тексте приняты следующие сокращения:

СИ – средство измерений;

ТП03-16У (НН03-S1337) – трап-детектор;

ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017 – Государственный вторичный эталон единицы мощности лазерного излучения в диапазоне от 10^{-15} до 10^{-3} Вт и в спектральном диапазоне от 0,4 до 1,1 мкм;

ГВЭ 2.1.ZZA.0095.2017 – Государственный вторичный эталон единицы энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне от 10^{-5} до 10^{-1} Дж на длине волны 1,064 мкм и в диапазоне от 10^{-5} до $5 \cdot 10^{-2}$ Дж на длине волны 0,532 мкм;

НСП – неисключенная систематическая погрешность;

СКО – среднее квадратическое отклонение.

2 Операции поверки

2.1 При проведении первичной и периодической поверок выполняются операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	Да	Да
Опробование	8.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик	8.3		
Определение диапазона измерений мощности оптического излучения, расчет пределов основной относительной погрешности измерений мощности трап-детектора	8.3.1	Да	Да
Определение диапазона измерений энергии оптического излучения, расчет пределов основной относительной погрешности измерений энергии трап-детектора	8.3.2	Да	Да

2.2 Поверка прекращается в случае получения отрицательного результата при проведении хотя бы одной из операций, трап-детектор признают не прошедшим поверку.

2.3 Поверку осуществляет аккредитованное в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

3 Средства поверки

3.1 При проведении первичной и периодической поверок применяются средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Основные технические и (или) метрологические характеристики
1	Государственный вторичный эталон единицы мощности лазерного излучения в диапазоне от 10^{-15} до 10^{-3} Вт и в спектральном диапазоне от 0,4 до 1,1 мкм по государственной поверочной схеме для средств измерений средней мощности лазерного излучения и энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 12 мкм, утвержденной приказом Росстандарта от 22 октября 2018 г. № 2197,	Диапазон измерений единицы мощности лазерного излучения: от 10^{-15} до 10^{-3} Вт. Рабочие длины волны: 0,532; 0,632; 1,064 мкм. Суммарная стандартная неопределенность воспроизведения единицы мощности ($u_{c\text{в}}$), не более для диапазона от 10^{-6} до 10^{-3} Вт: 0,1 %; для диапазона от 10^{-10} до 10^{-6} Вт: 0,5 %; для диапазона от 10^{-15} до 10^{-10} Вт:

	2.1.ZZA.0098.2017	5,0 %. Суммарная стандартная неопределенность передачи единицы мощности (u_{cp}), не более для диапазона от 10^{-6} до 10^{-3} Вт: 0,1 %; для диапазона от 10^{-10} до 10^{-6} Вт: 0,5 %; для диапазона от 10^{-15} до 10^{-10} Вт: 5,0 %.
2	Государственный вторичный эталон единицы энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне от 10^{-5} до 10^{-1} Дж на длине волны 1,064 мкм и в диапазоне от 10^{-5} до $5 \cdot 10^{-2}$ Дж на длине волны 0,532 мкм по государственной поверочной схеме для средств измерений энергии, распределения плотности энергии, длительности импульса и длины волны лазерного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 2,0 мкм, утвержденной приказом Росстандарта от 28 сентября 2018 г. № 2088, 2.1.ZZA.0095.2017	Диапазоне по энергии от 10^{-5} до 10^{-1} Дж на длине волны 1,064 мкм; 10^{-5} до $5 \cdot 10^{-2}$ Дж на длине волны 0,532 мкм; суммарная погрешность результата измерений энергии, не более 0,5 %
3	Нановольтметр/микроомметр 34420А (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 47886-11).	Пределы измерений напряжения: 1 мВ; 10 мВ; 100 мВ, 1 В, 10 В, 100 В. Предел основной относительной погрешности измерения напряжений $\pm 0,005$ %.

3.2 Средства поверки, указанные в таблице 2, должны быть поверены и аттестованы в установленном порядке.

3.3 Допускается также применение других средств, не приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых трап-детекторов с требуемой точностью.

3.4 Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению измерений при поверке допускают лиц из числа инженерно-технического состава, имеющих квалификацию поверителя по специальности «Поверка средств оптико-физических измерений» и/или «Поверка и калибровка средств измерений параметров лазерного излучения», специально обученных работе с лазерами согласно «Санитарным нормам и правилам устройства и эксплуатации лазеров № 5804-91», и работе с электроустановками напряжением свыше 1000 В, аттестованных и имеющих необходимую квалификационную группу в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ), утвержденные Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 № 6 и «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТБ), утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты от 24 июля 2013 г. № 328н, изучивших руководство по эксплуатации на трап-детектор.

5 Требования безопасности

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие требования безопасности:

5.1 требования электробезопасности оговоренные в ГОСТ Р 12.1.019-2017, ГОСТ 12.3.019-80, в «Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ) и в «Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок» (ПТБ), а также в эксплуатационной документации на трап-детектор;

5.2 требования безопасности при работе с лазерным излучением, оговоренные в «Санитарных нормах и правилах устройства и эксплуатации лазеров № 5804-91»;

5.3 проведение дозиметрического контроля лазерного излучения в соответствии с ГОСТ Р 12.1.031-2010;

5.4 помещение, в котором проводится поверка, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования».

6 Условия проведения поверки

6.1 Все этапы поверки, за исключением особо оговоренных, проводят при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °С	20 ± 2
- относительная влажность воздуха, %	от 45 до 80
- атмосферное давление, кПа	100 ± 4
-напряжение питающей сети, В	220,0 ± 4,4 380,0 ± 7,6
-частота питающей сети, Гц	50 ± 1

6.2 В помещении, где проводится поверка, должны отсутствовать внешние электрические и магнитные поля (кроме земного);

6.3 Средства измерения и измерительные приборы размещают не ближе 1,5 м от обогревательных приборов.

7 Подготовка к поверке

7.1 Ознакомиться с эксплуатационной документацией на трап-детектор.

7.2 Подготовить трап-детектор к работе в соответствии с его эксплуатационной документацией.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Трап-детектор должен быть укомплектован составными частями и документацией в соответствии с эксплуатационной документацией;

8.1.2 Составные части трап-детектора не должны иметь механических повреждений и дефектов покрытия.

8.1.3 Трап-детектор считается прошедшим операцию поверки, если он укомплектован документацией в соответствии с руководством по эксплуатации, а его составные части не имеют механических повреждений и дефектов покрытия.

8.2 Опробование

Опробование трап-детектора проводится с целью проверки его пригодности к поверке. В соответствии с руководством по эксплуатации проводится проверка работоспособности прибора в целом, для чего:

8.2.1 ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017 включают в соответствии с п. 4.2 руководства по эксплуатации КВФШ66.00.000РЭ.

8.2.2 Устанавливают трап-детектор на место поверяемого средства измерений, подключают к разъему BNC трап-детектора нановольтметр/микроомметр 34420А (в соответствии с руководством по эксплуатации на трап-детектор), который используется для измерений напряжения U_i , В, с трап-детектора.

8.2.3 Включают нановольтметр/микроомметр 34420А в соответствии с его руководством по эксплуатации.

8.2.4 Включают лазер из состава ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017 на длине волны 0,532 мкм.

8.2.5 Открывают затвор-шторку ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017. Трап-детектор юстируется таким образом, чтобы лазерное излучение с длиной волны 0,532 мкм попадало в центр его входного окна. По окончании юстировки затвор-шторку ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017 закрывают.

8.2.6 После «остывания» приемного элемента трап-детектора (фиксируется по стабильности минимальных показаний U_i , В, на нановольтметре/микроомметре 34420А) открывают затвор-шторку ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017.

8.2.7 Наблюдают на нановольтметре/микроомметре 34420А рост показаний напряжения U_i , В, с трап-детектора. После чего закрывают затвор-шторку ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017.

Трап-детектор считается прошедшим опробование, если при подаче лазерного излучения наблюдается на нановольтметре/микроомметре 34420А рост показаний напряжения U_i , В, с трап-детектора.

8.3 Определение метрологических характеристик

8.3.1 Определение диапазона измерений мощности оптического излучения, расчет пределов основной относительной погрешности измерений мощности трап-детектора

Операцию поверки осуществляют на двух длинах волн: 0,532 и 1,064 мкм на ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017.

8.3.1.1 Проводят по 5 передач единицы мощности лазерного излучения на длине волны 0,532 мкм в диапазоне значений мощности лазерного излучения от 10 до 90 % от допустимой границы заявленного рабочего диапазона измерений трап-детектора.

8.3.1.2 Результатом передачи единицы мощности лазерного излучения является значение чувствительности трап-детектора $S_{тран}$, В/Вт, рассчитанная по формуле:

$$S_{тран} = \frac{\bar{U}}{\bar{P}_{ГВЭ}}, \quad (1)$$

где $\bar{P}_{ГВЭ}$ - средняя мощность, Вт, измеренная на ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017 по результатам 5 измерений мощности $P_{ГВЭ i}$, Вт;

\bar{U} - среднее значение напряжения, В, снятого с трап-детектора нановольтметром/микроомметром 34420А по результатам 5 измерений напряжения U_i , В.

8.3.1.3 После определения значения чувствительности $S_{тран}$, В/Вт, определяется $\sigma_{тран}$, %, - среднее квадратическое отклонение (СКО) измерений на трап-детекторе, получаемое из соотношения:

$$\sigma_{тран} = \frac{\bar{P}_{ГВЭ}}{\bar{P}_{тран}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{тран i} / P_{ГВЭ i} - \bar{P}_{тран} / \bar{P}_{ГВЭ})^2}{n(n-1)}} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где $n = 5$;

$\bar{P}_{тран}$ - средняя мощность на трап-детекторе, получаемая из соотношения, Вт:

$$\bar{P}_{тран} = \frac{\bar{U}}{S_{тран}}. \quad (3)$$

$P_{\text{трап } i}$ – мощность лазерного излучения на трап-детекторе, Вт, рассчитанная по формуле:

$$P_{\text{трап } i} = \frac{U_i}{S_{\text{трап}}} \quad (4)$$

8.3.1.4 Вычисляют предел допускаемой относительной погрешности измерений мощности $\Delta_{\text{трап}}$, %, на трап-детекторе по формуле:

$$\Delta_{\text{трап}} = 2 \sqrt{\frac{\theta_{\text{трап}}^2}{3} + \sigma_{\text{трап}}^2 + S_{\Sigma \text{ГВЭ}}^2 + S_{\text{ПГВЭ}}^2}, \quad (5)$$

где $\theta_{\text{трап}}$ – неисключенная систематическая погрешность (НСП) трап-детектора, %, вычисляемая из соотношения:

$$\theta_{\text{трап}} = \left| \frac{\bar{P}_{\text{ГВЭ}} - \bar{P}_{\text{трап}}}{\bar{P}_{\text{ГВЭ}}} \right| \cdot 100 \%. \quad (6)$$

$S_{\Sigma \text{ГВЭ}}$ – суммарная погрешность ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017, %, выраженная в виде суммарной стандартной неопределенности воспроизведения единицы мощности, указанная в паспорте на ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017;

$S_{\text{ПГВЭ}}$ – погрешность передачи единицы мощности поверяемому трап-детектору, %, выраженная в виде суммарной стандартной неопределенности передачи единицы мощности, указанная в паспорте на ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017.

8.3.1.5 На ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017 устанавливают длину волны лазерного излучения 1,064 мкм.

8.3.1.6 Открывают затвор-шторку ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017. Трап-детектор юстируется таким образом, чтобы излучение с длиной волны 1,064 мкм попадало в центр его входного окна.

8.3.1.7 Операции по п.п. 8.3.1.1 – 8.3.1.4 настоящего раздела повторяют для длины волны лазерного излучения 1,064 мкм.

8.3.1.8 Трап-детектор считается прошедшим операцию проверки, если значение предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности $\Delta_{\text{трап}}$, %, не превышает 1,0 %, а диапазон измерений мощности лазерного излучения трап-детектора соответствует диапазону, приведенному в его описании типа.

8.3.2 Определение диапазона измерений энергии оптического излучения, расчет пределов основной относительной погрешности измерений энергии трап-детектора

Операцию проверки осуществляют на двух длинах волн: 0,532 и 1,064 мкм на ГВЭ 2.1.ZZA.0095.2017. ГВЭ 2.1.ZZA.0095.2017 включают в соответствии с п. 4.2 руководства по эксплуатации КВФШ61.00.000РЭ;

8.3.2.1 Проводят по 5 передач единицы энергии лазерного излучения на длине волны 0,532 мкм в диапазоне значений энергии лазерного излучения от 10 до 90 % от допустимой границы заявленного рабочего диапазона измерений трап-детектора. Для диапазона от 10^{-5} до 10^{-10} Дж используют калиброванный ослабитель лазерного излучения из состава ГВЭ 2.1.ZZA.0098.2017.

8.3.2.2 Результатом передачи единицы энергии лазерного излучения является значение чувствительности трап-детектора – $S'_{\text{трап}}$ В/Дж.

$$S'_{\text{трап}} = \frac{\bar{U}}{\bar{Q}_{\text{ГВЭ}}}, \quad (7)$$

где $\bar{Q}_{\text{ГВЭ}}$ – среднее значение энергии, Дж, измеренное на ГВЭ 2.1.ZZA.0095.2017 по результатам 5 измерений энергии $Q_{\text{ГВЭ } i}$, Дж;

\bar{U} – среднее значение напряжения, В, снятого с трап-детектора

нановольтметром/микроомметром 34420А по результатам 5 измерений напряжения U_i , В.

8.3.2.3 После определения значения чувствительности $S'_{\text{трап}}$, В/Дж, определяется $\sigma'_{\text{трап}}$, %, - среднее квадратическое отклонение (СКО) измерений на трап-детекторе, получаемое из соотношения:

$$\sigma'_{\text{трап}} = \frac{\bar{Q}_{\text{ГВЭ}}}{\bar{Q}_{\text{трап}}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{\text{трап}i} / Q_{\text{ГВЭ}i} - \bar{Q}_{\text{трап}} / \bar{Q}_{\text{ГВЭ}})^2}{n(n-1)}} \cdot 100 \%, \quad (8)$$

где $n = 5$;

$\bar{Q}_{\text{трап}}$ - среднее значение энергии на трап-детекторе, Дж, получаемое из соотношения:

$$\bar{Q}_{\text{трап}} = \frac{\bar{U}}{S'_{\text{трап}}}. \quad (9)$$

$Q_{\text{трап}i}$ – энергия лазерного излучения на трап-детекторе, Дж, рассчитанная по формуле:

$$Q_{\text{трап}i} = \frac{U_i}{S'_{\text{трап}}}. \quad (10)$$

8.3.2.4 Вычисляют предел допускаемой относительной погрешности измерений энергии $\Delta'_{\text{трап}}$, %, на трап-детекторе по формуле:

$$\Delta'_{\text{трап}} = 2 \sqrt{\frac{\theta'^2_{\text{трап}}}{3} + \sigma'^2_{\text{трап}} + S'^2_{\Sigma\text{ГВЭ}} + S'^2_{\text{ПГВЭ}}}, \quad (11)$$

где $\theta'_{\text{трап}}$, %, - неисключенная систематическая погрешность (НСП) трап-детектора, вычисляемая из соотношения:

$$\theta'_{\text{трап}} = \left| \frac{\bar{Q}_{\text{ГВЭ}} - \bar{Q}_{\text{трап}}}{\bar{Q}_{\text{ГВЭ}}} \right| \cdot 100 \%, \quad (12)$$

$S'_{\Sigma\text{ГВЭ}}$ - суммарная погрешность ГВЭ 2.1.ZZA.0095.2017, выраженная в виде суммарной стандартной неопределенности измерения энергии, указанная в паспорте на ГВЭ 2.1.ZZA.0095.2017, %;

$S'_{\text{ПГВЭ}}$ – погрешность передачи единицы энергии поверяемому трап-детектору, указанная в государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта № 2088 от 28 сентября 2018 г., %.

8.3.2.5 На ГВЭ 2.1.ZZA.0095.2017 устанавливают длину волны лазерного излучения 1,064 мкм.

8.3.2.6 Открывают затвор-шторку ГВЭ 2.1.ZZA.0095.2017. Трап-детектор юстируется таким образом, чтобы излучение с длиной волны 1,064 мкм попадало в центр его входного окна.

8.3.2.7 Операции по п.п. 8.3.2.1 – 8.3.2.4 настоящего раздела повторяют для длины волны лазерного излучения 1,064 мкм.

8.3.2.8 Трап-детектор считается прошедшим операцию поверки, если значение предела допускаемой относительной погрешности измерений энергии $\Delta'_{\text{трап}}$, %, не превышает 1,5 %, а диапазон измерений энергии лазерного излучения трап-детектора соответствует диапазону, приведенному в его описании типа.

9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки заносятся в протокол (форма протокола приведена в приложении А настоящей методики поверки).

9.2 Трап-детекторы, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. На них выдаётся свидетельство о поверке установленной формы с указанием полученных фактических значений метрологических характеристик трап-детекторов и наносят знак поверки (место нанесения указано в описании типа) согласно Приказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015 г. «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», и трап-детекторы допускают к эксплуатации.

9.3 Трап-детекторы, прошедшие поверку с отрицательным результатом, признаются непригодными, не допускаются к применению и на них выдается извещение о непригодности с указанием причин. Свидетельство о предыдущей поверке и знак поверки аннулируют и выписывают «Извещение о непригодности» с указанием причин в соответствии с требованиями Приказа Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015 г.

Начальник лаборатории ФГУП "ВНИИОФИ"



Москалюк С.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
к Методике поверки МП 013.Ф2-19
«ГСИ. Трап-детекторы ТП03-16У (НН03-S1337) с
усилителем»

ПРОТОКОЛ
первичной / периодической поверки
от « _____ » _____ 201_ года

Средство измерений: Трап-детекторы ТП06-16У (НН03-S1337) с усилителем
(Наименование СИ, тип (если в состав СИ входит несколько автономных блоков)

_____ то приводят их перечень (наименования) и типы с разделением знаком «косая дробь» /)

Зав. № _____ **№/№** _____
Заводские номера блоков

Принадлежащее _____
Наименование юридического лица, ИНН

Поверено в соответствии с методикой поверки МП 013.Ф2-19 «ГСИ. Трап-детекторы ТП06-16У (НН03-S1337) с усилителем. Методика поверки», утвержденной ФГУП «ВНИИОФИ» «20» февраля 2019 г.
Наименование документа на поверку, кем утвержден (согласован), дата

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

При следующих значениях влияющих факторов:
(приводят перечень и значения влияющих факторов, нормированных в методике поверки)

- температура окружающего воздуха, °С _____
- относительная влажность, % , _____
- атмосферное давление, кПа _____
- напряжение питающей сети, В _____
- частота питающей сети, Гц _____

Получены результаты поверки метрологических характеристик:

Внешний осмотр _____

Опробование _____

Характеристика	Результат	Требования методики поверки

Рекомендации _____
Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

Исполнители: _____
_____ подписи, ФИО, должность