

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора

ФГУП «ВНИИОФИ»

Н. П. Муравская

«31» марта 2017 г.



**Государственная система обеспечения единства измерений**

**Преобразователи лазерного излучения измерительные  
пирозлектрические серии РЕ**

**Методика поверки**

**МП 013.Ф2-17**

Главный метролог  
ФГУП «ВНИИОФИ»

С. Н. Негода

«31» марта 2017 г.

Москва

2017 г.

## 1 Введение

Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи лазерного излучения измерительные пироэлектрические серии РЕ (далее по тексту – преобразователи серии РЕ), предназначенные для преобразования энергии импульсного лазерного излучения в электрический сигнал, и устанавливает операции при проведении их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

## 2 Операции поверки

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

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность выполнения операции	
		При первичной поверке	При периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	Да	Да
Опробование	8.2	Да	Да
Подтверждение соответствия программного обеспечения	8.3	Да	Да
Определение метрологических характеристик	8.4		
Определение рабочего диапазона и расчет относительной погрешности измерения энергии импульсного лазерного излучения	8.4.1	Да	Да

2.2 Проведение поверки осуществляется для преобразователей серии РЕ представленных в комплекте с визуализирующим вспомогательным устройством (индикатором или модулем интерфейса связи с персональным компьютером), с установленным необходимым программным обеспечением.

2.3 В случае получения отрицательного результата при проведении поверки хотя бы одной из операций, поверка прекращается. Преобразователь серии РЕ признают не прошедшим поверку.

2.4 Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

### 3 Средства поверки

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

Номер пункта методики	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение НД, регламентирующего метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Основные технические и (или) метрологические характеристики
8.4.1	Государственный вторичный эталон единиц средней мощности и энергии лазерного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 12,0 мкм по ГОСТ Р 8.780-2012 (ВЭСМЭ)	На фиксированных длинах волн: 0,532; 1,064; 10,6 мкм: - диапазон значений единицы средней мощности лазерного излучения от 0,1 до 2,0 Вт, суммарная абсолютная погрешность при передаче единицы средней мощности лазерного излучения не превышает $1,5 \cdot 10^{-3}$ . - диапазон значений единицы энергии лазерного излучения от 0,1 до 2 Дж, суммарная абсолютная погрешность при передаче единицы энергии импульса лазерного излучения не превышает $2 \cdot 10^{-3}$ .

3.2 Средства поверки, указанные в таблице 2, должны быть поверены и аттестованы в установленном порядке. Допускается также применение других средств, не приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых преобразователей серии РЕ с требуемой точностью.

### 4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению поверки допускают лиц, изучивших настоящую методику поверки, эксплуатационную документацию на преобразователи серии РЕ и руководство пользователя на вспомогательные устройства, имеющих квалификационную группу не ниже III в соответствии с правилами по охране труда и эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328Н, прошедшие полный инструктаж по технике безопасности и прошедших обучение по требуемому виду измерений.

### 5 Требования безопасности

5.1 При проведении поверки следует соблюдать требования, установленные ГОСТ 12.1.031-2010, ГОСТ 12.1.040-83, правилами по охране труда и эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328Н. 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.

5.2 Система электрического питания приборов должна быть защищена от колебаний и пиков сетевого напряжения, искровые генераторы не должны устанавливаться вблизи приборов.

5.3 При выполнении поверки должны соблюдаться требования, указанные в «Правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Госэнергонадзором, а также требованиям эксплуатационной документации на преобразователи РЕ и руководство пользователя на вспомогательные устройства.

5.4 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.

## **6 Условия проведения поверки**

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

- |   |             |
|---|-------------|
| - температура окружающего воздуха, °С         | от 18 до 30 |
| - относительная влажность воздуха, % не более | 90          |
| - атмосферное давление, кПа                   | 100 ± 10    |

6.2 Помещение, где проводится поверка, должно быть чистым и сухим. В помещение не должно быть кислотных, щелочных и других газов, способных вызвать значительную коррозию металлов, а также газообразных органических растворителей (особенно бензина и разбавителя), способных вызвать коррозию краски.

6.3 Рядом с прибором не должно быть источников тепла, таких как газовая горелка, электронагреватель, печь и т.п. Допускаемый перепад температуры воздуха в течение часа – не более 2 °С.

## **7 Подготовка к поверке**

7.1 Преобразователь серии РЕ подключают к вспомогательному устройству и подготавливают к работе в соответствии с требованием эксплуатационной документации.

7.2 Подготавливают ВЭСМЭ к работе. Для чего в соответствии с правилами содержания и применения ВЭСМЭ выбирают необходимую длину волны лазерного излучения (ЛИ) и устанавливают уровень энергии ЛИ с учетом диапазона измерений энергии и порога лучевой стойкости поверяемого СИ. Задают не менее одного электрического и не менее трех оптических импульсов ЛИ и запускают программу подготовки эталона к работе. По

завершению работы программы выводится значение погрешности передачи единицы энергии ЛИ - Sp. После чего ВЭСМЭ готов к работе.

7.3 Вспомогательное устройство конфигурируют под параметры ЛИ генерируемого ВЭСМЭ, с учетом длины волны, длительности импульса, диапазона измерений энергии в соответствии с руководством пользователя на используемое совместно с преобразователем серии РЕ вспомогательное устройство.

7.4 Собирают схему подключения согласно рисунку 1, и проводят процедуру юстировки, таким образом, что бы при установке преобразователя серии РЕ в оптический тракт ВЭСМЭ лазерное излучение попадало в центр чувствительного элемента преобразователя серии РЕ.

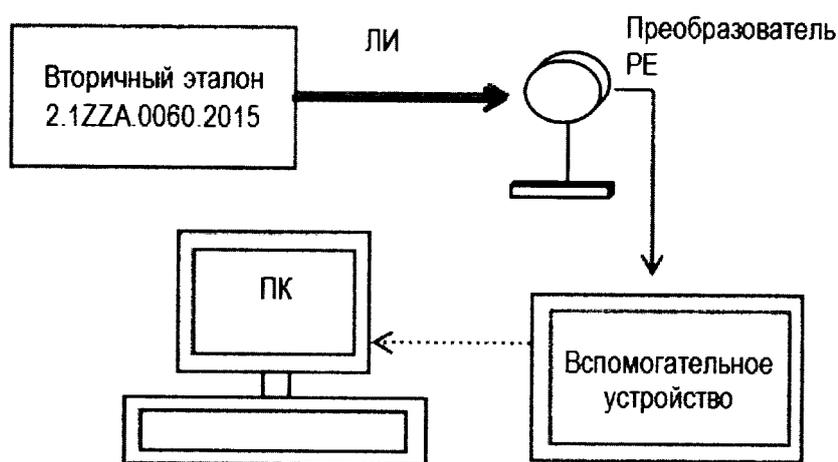


Рисунок 1

## 8 Проведение поверки

### 8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Проверку проводят визуально. Проверяют отсутствие механических повреждений и дефектов приемного покрытия, влияющих на работоспособность преобразователей серии РЕ; надёжность соединений составных частей; маркировку и обозначения.

8.1.2 Проверяется правильность подключения и надёжность соединений преобразователя серии РЕ со вспомогательным устройством.

8.1.3 Преобразователи РЕ считаются выдержавшими операцию поверки, если нанесенная соответствующая маркировка читаема, а покрытие приёмного элемента преобразователя серии РЕ не повреждено.

### 8.2 Опробование

8.2.1 Вспомогательное устройство с подключенным к нему преобразователем серии РЕ в соответствии с эксплуатационной документацией включают, и проверяют возможность управления средствами настройки для чего при помощи клавиш навигации или экране ПК

заходят в окно «Configure»(Конфигурация) и проверяют возможность изменения длины волны в окне «Laser» (Лазер), измеряемого диапазона энергии в окне «Energy Range» (Диапазон энергии), длительности импульса в окне «Max Pulse len», если преобразователь имеет постоянное значение длительности импульса, то будет отображено «N/A».

8.2.2 ВЭСМЭ и преобразователь серии PE подключенный к вспомогательному устройству подготавливают к работе в соответствии с п. 7 настоящей методики на длине волны 1,064 мкм.

8.2.3 Проверяют регистрацию преобразователями серии PE значений энергии ЛИ в заданном спектральном диапазоне длин волн, указанных в паспорте на преобразователь серии PE. Для этого на преобразователь серии PE установленный оптический тракт эталона нажатием кнопки «ПУСК» на лазере (из состава ВЭСМЭ) генерируют импульс с известным значением энергии внутри динамического диапазона. Импульс ЛИ регистрируется преобразователем серии PE и после преобразования, измеренное значение энергии должно отобразиться на вспомогательном устройстве.

8.2.4 Процедуру определения спектрального диапазона повторяют на длинах волн 0,532 и 0,355, если таковые указаны в паспорте на преобразователь серии PE.

8.2.5 Преобразователь серии PE считается выдержавшим испытания, если имеется доступ к управлению настройками, и они позволяют настроить нужную конфигурацию под параметры ЛИ, а значение энергии ЛИ генерируемое ВЭСМЭ, регистрируется преобразователем серии PE на всех проверенных длинах волн.

### 8.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения

8.3.1 Для идентификации встроенного программного обеспечения необходимо подключить с помощью модуля интерфейса связи и USB кабеля преобразователь серии PE к ПК с установленным на него вспомогательным программным обеспечением («StarLab software», «LabVIEW software», «StarCom application»). Запустить установленную программу, номер версии ПО преобразователя серии PE и вспомогательного устройства отображается в контекстном меню ПО в разделе:«Select Device».

8.3.2 Преобразователи серии PE считаются прошедшими операцию поверки, если идентификационные данные встроенного программного обеспечения соответствуют идентификационным данным, приведенным в таблицах 3

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	PE-C firmware
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.5x и выше
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	-

## 8.4 Определение метрологических характеристик

### 8.4.1 Определение рабочего диапазона и относительной погрешности измерения энергии импульсного лазерного излучения

8.4.1.1 Проверка рабочего диапазона измерений энергии ЛИ проводится для длины волны 1,064 мкм при значениях энергии 10, 50 и 90 % от шкалы заявленного в паспорте на преобразователь серии РЕ рабочего диапазона измерений энергии, при условии не превышения порога лучевой стойкости приёмной поверхности преобразователя серии РЕ, за исключением длин волн, особо оговоренных с Заказчиком.

8.4.1.2 Подготавливают ВЭСМЭ и преобразователь серии РЕ подключенный к вспомогательному устройству к работе в соответствии с пунктом 7 настоящей методики поверки, выбрав наименьший уровень энергии ЛИ, с учетом нижнего диапазона измерений энергии и порога лучевой стойкости поверяемого СИ.

8.4.1.3 Преобразователи серии РЕ со снятой защитной крышкой устанавливают в оптический тракт ВЭСМЭ, нажатием кнопки «ПУСК» на лазере (из состава ВЭСМЭ) последовательно генерируют 7 импульсов с известным значением энергии, которые регистрирует преобразователь серии РЕ, и измеренные значения энергии по каждому импульсу отображаются на вспомогательном устройстве.

8.4.1.4 По значениям, полученным в процессе измерений, рассчитывается основанная относительная погрешность измерений энергии по формуле 1:

$$\delta_0 = 2\sqrt{\frac{1}{3}\theta_{СИ}^2 + \sigma_{СИ}^2 + S_{\Sigma}^2 + S_{П}^2}, \% \quad (1)$$

где,  $\theta_{СИ}$  – неисключенная систематическая погрешность измерений энергии поверяемого СИ, %;

$\sigma_{СИ}$  – среднее квадратическое отклонение измерений энергии поверяемого СИ, %;

$S_{\Sigma}$  – суммарная погрешность воспроизведения энергии ВЭСМЭ, выраженная в виде СКО, указанная в паспорте на ВЭСМЭ.

$S_{П}$  – погрешность передачи единицы энергии поверяемому СИ выраженная в виде СКО определяемая по результатам подготовки работы эталона.

8.4.1.5 Неисключенная систематическая погрешность измерений энергии  $\theta_{СИ}$  определяют по формуле:

$$\theta_{СИ} = \left| \frac{\bar{Q}_s - \bar{Q}_{СИ}}{\bar{Q}_s} \right| \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где,  $\bar{Q}_s$  – среднее значение энергии воспроизводимое ВЭСМЭ по 7 импульсам, Дж;

$\bar{Q}_{СИ}$  – среднее значение энергии регистрируемое поверяемым СИ по 7 импульсам, %;

8.4.1.6 Среднеквадратическое отклонение измерений энергии  $\sigma_{СИ}$  поверяемого СИ определяется по формуле:

$$\sigma_{СИ} = \frac{\bar{Q}_3}{\bar{Q}_{СИ}} \sqrt{\frac{\sum_1^n (Q_{СИi} / Q_{3i} - \bar{Q}_{СИ} / \bar{Q}_3)^2}{n(n-1)}} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где,  $Q_{СИi}$  –  $i$ -тое значение энергии регистрируемое поверяемым СИ по 7 импульсам, Дж;  
 $Q_{3i}$  –  $i$ -ое значение энергии воспроизводимое ВЭСМЭ по 7 импульсам, Дж;  
 $n$  – число импульсов.

8.4.1.7 Процедуру повторяют для максимального уровня и в середине динамического диапазона измерений энергии преобразователя серии РЕ.

8.4.1.8 Преобразователи серии РЕ считаются выдержавшими испытания, если диапазон измерения энергии импульсного лазерного излучения в крайних точках диапазона соответствуют указанным в таблице 4, а основная относительная погрешность измерения энергии лазерного излучения, не превышает:

$\pm 3 \%$  - для моделей PE10, PE10BB, PE10BF-C, PE25, PE25BF, PE25BF-DIF, PE25-C, PE25BF-C, PE50, PE50BF, PE50-DIF, PE50-DIF-ER, PE50BF-DIF, PE50-C, PE50BF-C, PE50BB-DIF-C (без ослабителя), PE50-DIF-ER-C (без ослабителя), PE100BF-DIF, PE100BF-DIF-C (без ослабителя);

$\pm 4 \%$  - для моделей PE10-C, PE25BF-DIF-C, PE50BB-DIF-C (с ослабителем), PE50-DIF-C, PE50BF-DIF-C, PE50-DIF-ER-C (с ослабителем), PE50BF-DIFH-C, PE100BF-DIF-C (с ослабителем).

Таблица 4

Модель преобразователя РЕ	Диапазон измерения энергии импульсного лазерного излучения, мДж
PE10	от 0,02 до 10
PE10BB	от 0,1 до 10
PE10-C, PE10BF-C	от 0,002 до 10
PE25, PE25-C	от 0,2 до 10
PE25BF, PE25BF-C, PE25BF-DIF-C, PE50BF-DIFH-C, PE50BF, PE50BF-C, PE50BB-DIF-C (без ослабителя), PE50-DIF-ER (без ослабителя), PE100BF-DIF-C (без ослабителя)	от 2 до 10000
PE25BF-DIF, PE50BF-DIF	от 4 до 20000
PE50, PE50-C, PE50-DIF-ER-C (без ослабителя)	от 0,2 до 10000
PE50BB-DIF-C (с ослабителем)	от 8 до 40000
PE50-DIF, PE50-DIF-C	от $2 \cdot 10^{-4}$ до 10000
PE50-DIF-ER (с ослабителем)	от 6 до 30000
PE50-DIF-ER-C (с ослабителем)	от 0,6 до 30000
PE50BF-DIF-C	от 20 до 10000
PE100BF-DIF (без ослабителя)	от 200 до 40000
PE100BF-DIF (с ослабителем)	от 20 до 40000
PE100BF-DIF-C (с ослабителем)	от 40 до 40000

## 9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки заносятся в протокол (форма протокола приведена в приложении 1 настоящей методики поверки), который хранится в организации, проводившей поверку не менее трех межповерочных интервалов.

9.2 Преобразователи серии РЕ, прошедшие операцию поверки с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. На них выдаётся свидетельство о поверке установленной формы с указанием полученных по п.п. 8.4.1 фактических значений метрологических характеристик преобразователей серии РЕ и наносят знак поверки (место нанесения указано в описании типа) согласно Приказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015г. «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», и преобразователи серии РЕ допускают к эксплуатации.

9.3 Преобразователи серии РЕ, прошедшие операцию поверки 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 02.07.2015г.

Начальник лаборатории ФГУП «ВНИИОФИ»

С.А. Москалюк

Инженер 1 категории ФГУП «ВНИИОФИ»

Е. Г. Мезенцева

## 9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки заносятся в протокол (форма протокола приведена в приложении 1 настоящей методики поверки), который хранится в организации, проводившей поверку не менее трех межповерочных интервалов.

9.2 Преобразователи РЕ, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению. На них выдаётся свидетельство о поверке установленной формы с указанием полученных по п.п. 8.4.1 фактических значений метрологических характеристик преобразователей РЕ и наносят знак поверки (место нанесения указано в описании типа) согласно Приказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015г. «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», и преобразователи РЕ допускают к эксплуатации.

9.3 Преобразователи РЕ, 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 02.07.2015г.

Начальник лаборатории ФГУП «ВНИИОФИ»

С.А. Москалюк

Инженер 1 категории ФГУП «ВНИИОФИ»

Е. Г. Мезенцева

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
**к Методике поверки МП 013.Ф2-17**  
**«Преобразователи лазерного излучения**  
**измерительные пироэлектрические серии РЕ»**

**ПРОТОКОЛ**

**первичной / периодической поверки**

**от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ года**

**Средство измерений:** Преобразователь лазерного излучения измерительные \_\_\_\_\_  
(Наименование СИ, тип (если в состав СИ входит несколько автономных блоков)

пироэлектрический серии РЕ модели \_\_\_\_\_  
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.Ф2-17 «ГСИ. Преобразователи лазерного излучения измерительные пироэлектрические серии РЕ. Методика поверки», утвержденной ФГУП «ВНИИОФИ» «31» марта 2017 г.**  
Наименование документа на поверку, кем утвержден (согласован), дата

**С применением эталонов** 2.1ZZA.0060.2015  
(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  | от 18 до 30 |
| – относительная влажность, %, не более | 90          |
| - атмосферное давление, кПа            | 100 ± 10    |

**Получены результаты поверки метрологических характеристик:**

Характеристика	Результат	Требования описания типа
Диапазон измерения энергии импульсного лазерного излучения (ЛИ), мДж		
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения энергии ЛИ, %		

**Рекомендации** \_\_\_\_\_  
Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

**Исполнители:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ подписи, ФИО, должность