



УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель директора  
ФГУП «ВНИИОФИ»  
Р.А. Родин  
2018 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Средство измерений энергии  
импульсного лазерного излучения СИЭ**

Методика поверки  
МП 035.Ф2-18

Главный метролог  
ФГУП «ВНИИОФИ»  
С.Н. Негода  
« 2 » 02 2018 г.

Начальник лаборатории Ф-2  
ФГУП «ВНИИОФИ»  
С.А. Москалюк  
« 2 » 02 2018 г.

г. Москва  
2018 г.

## **1 Введение**

1.1 Настоящая методика распространяется на средство измерений энергии импульсного лазерного излучения СИЭ (далее по тексту СИЭ), предназначенного для работы на фиксированных длинах волн лазерного излучения 1,064 и 0,532 мкм в динамическом диапазоне измерения энергии лазерного излучения от  $1 \cdot 10^{-4}$  до  $1 \cdot 10^{-1}$  Дж в нано- и пикосекундном диапазоне длительностей импульса при частоте повторения до 2000 Гц с регистрацией значений энергии по каждому импульсу в серии до 5000 импульсов и устанавливает методы его первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками 1 год.

1.3 В тексте приняты следующие сокращения:

ЛИ – лазерное излучение;

ВЭТ – вторичный эталон единиц средней мощности и энергии;

НСП – неисключенная систематическая погрешность;

СКО – среднеквадратическое отклонение;

СИ – средство измерений;

БИ – блок индикации;

ФПЭ-1 – фотоэлектрический преобразователь энергии импульсного лазерного излучения для лазерных пучков диаметром от 3 до 30 мм;

ФПЭ-2 – фотоэлектрический преобразователь энергии импульсного лазерного излучения для лазерных пучков диаметром от 30 до 60 мм;

НД – нормативные документы;

ПО – программное обеспечение.

## **2 Операции поверки**

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

Таблица 1 - Операции поверки

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 диапазона измерений и расчет предела допускаемой относительной погрешности измерений энергии ЛИ	8.4.1	Да	Да

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

2.3 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 или периодической поверки применяется Государственный вторичный эталон единиц средней мощности от 0,1 до 2,0 Вт и энергии от 0,1 до 2,0 Дж в диапазоне длин волн от 0,3 до 12,0 мкм по ГОСТ Р 8.275-2016 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 2.1.ZZA.0060.2015), суммарная относительная погрешность при воспроизведении единицы энергии лазерного излучения не превышает 1 %.

3.2 Средства поверки, указанные в п.3.1, должны быть поверены и аттестованы в установленном порядке. Допускается также применение других средств поверки, обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого средства измерения с требуемой точностью.

#### **4 Требования к квалификации поверителей**

4.1 К проведению поверки допускают лиц, изучивших настоящую методику поверки, ГОСТ 31581-2012, а также требования эксплуатационной документации, имеющих квалификационную группу не ниже III в соответствии с правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328Н, прошедших полный инструктаж по технике безопасности, а также прошедших обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

#### **5 Требования безопасности**

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

5.2 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.

5.3 Система электрического питания средств поверки и измерителя должна быть защищена от колебаний и пиков сетевого напряжения.

5.4 При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности при эксплуатации лазерных изделий согласно ГОСТ 31581-2012, а также требования эксплуатационной документации.

5.5 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 проводят в нормальных условиях окружающей среды в соответствии с ГОСТ 8.395-80 при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °С..... 20 ± 3;



- относительная влажность воздуха, %, не более..... 80;
- атмосферное давление, кПа .....  $100 \pm 4$ .

6.2 Помещение, где проводится поверка, должно быть чистым и сухим, а также должны отсутствовать интенсивные воздушные потоки, вибрации, воздействие электрических помех и акустические шумы.

6.3 Допускаемый перепад температуры воздуха в течение часа – не более 2 °С.

## **7 Подготовка к поверке**

7.1 Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с настоящей методикой поверки, руководством по эксплуатации и формуляром на СИЭ.

7.2 Выполнить мероприятия по обеспечению условий безопасности согласно разделу 5 настоящей методики поверки.

7.3 Перед проведением поверки фотоэлектрические преобразователи из состава СИЭ должны быть извлечены из транспортировочной тары и выдержаны не менее одного часа в условиях окружающей среды по п.6.1 настоящей методики поверки, если условия хранения или транспортировки отличались от указанных.

7.4 Подготовить СИЭ к работе, для чего к его блоку индикации (БИ) подключают один из фотоэлектрических преобразователей и конфигурируют на необходимую длину волны и уровень принимаемого ЛИ, согласно руководству по эксплуатации.

7.5 ВЭТ включают и подготавливают к работе в соответствии с его правилами содержания и применения.

## **8 Проведение поверки**

### **8.1 Внешний осмотр**

8.1.1 СИЭ должно быть укомплектовано всеми составными частями и документацией в соответствии с его формуляром.

8.1.2 Составные части СИЭ не должны иметь механических повреждений, фотоэлектрические преобразователи не должны иметь трещин, сколов, следов абляции и других дефектов.

8.1.3 Проверяется надежность межблочных соединений составных частей СИЭ.

8.1.4 Маркировка и заводские номера на всех составных частях СИЭ должны соответствовать данным указанным в формуляре.

8.1.5 СИЭ считается прошедшим операцию поверки, если он представлен комплектно, на фотоэлектрических преобразователях отсутствуют дефекты, а блок индикации не имеет повреждений влияющих на индикацию результатов измерений.

## **8.2 Опробование**

8.2.1 Проверка работоспособности СИЭ осуществляется в соответствии с руководством по эксплуатации, с целью проверки его пригодности к поверке.

8.2.2 Фотоэлектрические преобразователи ФПЭ-1 и ФПЭ-2 поочередно подключают к блоку индикации (БИ) и путем перевода тумблера в положение ВКЛ находящегося на корпусе БИ, включают его.

8.2.3 Подключенный к БИ фотоэлектрический преобразователь устанавливают в оптический тракт подготовленного к работе ВЭТ, и проводят юстировку, таким образом, чтобы ЛИ попадало в центр приёмного элемента фотоэлектрического преобразователя, после чего, в соответствии с алгоритмом работы ВЭТ, подают импульсы ЛИ.

8.2.4 СИЭ считается прошедшим операцию поверки, если после подачи ЛИ, значение энергии ЛИ, преобразованное фотоэлектрическими преобразователями и выводится на индикатор БИ.

## **8.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения**

8.3.1 Идентификация данных встроенного программного обеспечения предусмотрена только при подключении БИ с помощью специального соединительного кабеля к персональному компьютеру, с установленным на него внешним ПО, взятые из состава СИЭ. Идентификационные данные версии установленного ПО, отображаются в диалоговом окне на экране персонального компьютера, в разделе «свойства».

8.3.2 СИЭ считается прошедшим операцию проверки, если идентификационные данные ПО соответствуют идентификационным данным, приведенным в таблице 2.

Таблица 2 - Идентификационные данные.

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование внешнего ПО	sie.exe
Номер версии (идентификационный номер внешнего ПО)	1.0 и выше
Цифровой идентификатор внешнего ПО	-

## 8.4 Определение метрологических характеристик

### 8.4.1 Определение диапазона измерений и расчет предела допускаемой относительной погрешности измерений энергии ЛИ

8.4.1.1 Определение диапазона измерений значений энергии ЛИ и расчет предела допускаемой относительной погрешности СИЭ производится с помощью ВЭТ на длинах волн 1,064 и 0,532 мкм. Диаметр пучка лазерного излучения, поступающего от ВЭТ на вход ФПЭ-1 должен находиться в пределах от 8 до 10 мм, а ФПЭ-2 в пределах от 30 до 40 мм в динамическом диапазоне от  $1 \cdot 10^{-4}$  до  $1 \cdot 10^{-1}$  Дж.

8.4.1.2 ВЭТ включают и подготавливают к работе в соответствии с его правилами содержания и применения. и СИЭ в соответствии с руководством по эксплуатации подготавливают к работе на длине волны 1,064 мкм с уровнем энергии ЛИ, соответствующим середине рабочего диапазона энергии ЛИ СИЭ.

8.4.1.3 Фотоэлектрический преобразователь, подключенный к БИ, устанавливают в оптический тракт ВЭТ и проводят юстировку таким образом, чтобы ЛИ попадало в центр приемного окна фотоэлектрического преобразователя.

8.4.1.4 В соответствии с алгоритмом работы на ВЭТ последовательно подаются  $n$  - импульсов с известным значением энергии ЛИ, где  $n$  - не менее семи.

8.4.1.5 По значениям, полученным в процессе измерений, рассчитывается предел допускаемой относительной погрешности измерений энергии ЛИ СИЭ 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 относительная систематическая погрешность измерений энергии ЛИ СИЭ, %;

$\sigma_{СИ}$  – среднеквадратическое отклонение измерений энергии ЛИ СИЭ, %;

$S_{\Sigma}$  - суммарная погрешность измерений энергии ЛИ ВЭТ выраженная в виде СКО ( $S_{\Sigma} = 1,0$  %);

$S_{П}$  – погрешность передачи единицы энергии ЛИ ВЭТ ( $S_{П} = 0,8$  %).

Неисключенная относительная систематическая погрешность измерений энергии ЛИ СИЭ рассчитывается по формуле 2:

$$\theta_{СИ} = \left| \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}} \right| \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где,  $A_{\max}$  - максимальное значение отношения  $Q_{СИЭ} / Q_{ВЭТ}$ , отн. ед.;

$A_{\min}$  - минимальное значение отношения  $Q_{СИЭ} / Q_{ВЭТ}$ , отн. ед.;

$Q_{СИЭ}$  - значение энергии ЛИ, зарегистрированное СИЭ, мДж;

$Q_{ВЭТ}$  - значение энергии ЛИ, воспроизведенное ВЭТ, мДж.

Среднеквадратическое отклонение измерений энергии ЛИ СИЭ определяется по формуле 3:

$$\sigma_{СИ} = \frac{1}{A} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2}{n(n-1)}} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где,  $A_i$  -  $i$ -ое значение отношения  $Q_{СИЭ} / Q_{ВЭТ}$ , отн. ед.;

$\bar{A}$  - среднее значение отношения  $Q_{СИЭ} / Q_{ВЭТ}$ , отн. ед.;

$Q_{СИЭ}$  - значение энергии ЛИ, зарегистрированное СИЭ, мДж;

$Q_{ВЭТ}$  - значение энергии ЛИ, воспроизведенное ВЭТ, мДж;

$n$  - число импульсов ( $n=7$ ).

8.4.1.6 Процедуру определения предела допускаемой основной относительной погрешности измерений ЛИ повторяют на минимуме и максимуме динамического диапазона.



8.4.1.7 После чего ВЭТ в соответствии с его правилами содержания и применения и СИЭ в соответствии с руководством по эксплуатации подготавливают к работе на длине волны 0,532 мкм, и проводят поверку аналогично пунктам 8.4.3 - 8.4.8 настоящей методики поверки.

8.4.1.8 СИЭ считают прошедшим операцию поверки, если диапазон измерений на длинах волн 1,064 и 0,532 мкм находится в пределах от  $1 \cdot 10^{-4}$  до  $1 \cdot 10^{-1}$  Дж и полученное значение предела допускаемой относительной погрешности измерений ЛИ на длинах волн 1,064 и 0,532 мкм не превышает 5 %.

## 9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки заносятся в протокол (рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А, к настоящей методике поверки), который хранится в организации, проводившей поверку не менее трех интервалов поверки.

9.2 СИЭ, прошедшее поверку с положительным результатом, признается годным и допускается к эксплуатации. Выдается свидетельство о поверке установленной формы с указанием полученных по п.8.4 фактических значений метрологических характеристик, и наносится знак поверки согласно Приказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

9.3 СИЭ, прошедшее поверку с отрицательным результатом, признается непригодным и не допускается к эксплуатации. 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.

Главный специалист ФГУП «ВНИИОФИ»



В.С. Хлопов

Инженер 1 категории ФГУП «ВНИИОФИ»



Е. Г. Мезенцева

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
(рекомендуемое)

**ПРОТОКОЛ**  
**первичной / периодической поверки**  
от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года

**Средство измерений:** \_\_\_\_\_  
(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** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

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 20 ± 3;
- относительная влажность, %, не более 80;
- атмосферное давление, кПа 100 ± 4;

**Получены результаты поверки метрологических характеристик:**

Показания эталона	Показания поверяемого СИ	Результат $\delta_0$ , %	Требования методики поверки

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

**Исполнители:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ подписи, ФИО, должность