

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ ФГУ
«ВНИИ Минобороны России»



С.И. Донченко

2010 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Измеритель средней мощности и энергии
лазерного излучения «LabMaster Ultima»
фирмы «Coherent, Inc.», США

Методика поверки

г. Мытищи
2010 г.

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на измеритель средней мощности и энергии лазерного излучения LabMaster Ultima фирмы «Coherent, Inc.», США (в составе: блок регистрации – зав. № 18R60, преобразователь измерительный «LM-150FS HTD» - зав. № 19147, преобразователь измерительный «LM-P10i» - зав. № 19889, камера «Laser Cam IID» - зав. № 398897) (далее – измеритель) и устанавливает порядок проведения его первичной и периодической поверки.

1.2 Межповерочный интервал – 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		Ввозе импорта (после ремонта)	периодической поверке
1 Внешний осмотр.	8.1	да	да
2 Опробование.	8.2	да	да
3 Определение относительной погрешности измерений средней мощности лазерного излучения.	8.3	да	да
4 Определение относительной погрешности измерений энергии лазерного излучения.	8.4	да	да

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки используют средства измерений и вспомогательное оборудование, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта документа по методике поверки	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.3	Вторичный эталон единиц средней мощности и энергии лазерного излучения ВЭ-36-06 (диапазон измерений средней мощности от $1 \cdot 10^{-3}$ до 2 Вт, пределы допускаемой относительной суммарной погрешности измерений средней мощности $\pm 0,15$ %, пределы допускаемой относительной погрешности передачи единицы средней мощности $\pm 0,2$ %).
8.4	Эталон-переносчик единицы энергии импульсного лазерного излучения ВЭПЭ (диапазон воспроизведения размера единицы энергии от $1 \cdot 10^{-5}$ до 0,18 Дж, суммарная погрешность воспроизведения размера единицы энергии в диапазоне от $5 \cdot 10^{-3}$ до 0,18 Дж - 0,8 % и в диапазоне от 10^{-5} до $5 \cdot 10^{-3}$ Дж - 3 %, пределы допускаемой относительной погрешности передачи единицы энергии $\pm 1,0$ %).

3.2 Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, имеющих метрологические и технические характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в таблице 2.

3.3 Все средства поверки должны быть утверждённого типа, исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки измерителя допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющим опыт работы с лазерными установками, ознакомленный с руководством по эксплуатации (РЭ) и документацией по поверке и имеющие право на поверку (аттестованными в качестве поверителей по ГОСТ 20.2.012-94).

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (изд.3), «Санитарными нормами правил устройства и эксплуатации лазеров», ГОСТ 12.2.091-94, а также требования безопасности, указанные в РЭ на применяемые средства измерений и вспомогательное оборудование.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

Температура окружающего воздуха, °С	20 ± 5 .
Относительная влажность воздуха, %	65 ± 15 .
Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	$100 \pm 4 (750 \pm 30)$.
Параметры питания от сети переменного тока:	
- напряжение, В	220 ± 22 ;
- частота, Гц	$50 \pm 0,5$.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 При подготовке к поверке выполняют следующие операции:

- подготовить измеритель к работе в соответствии с указаниями РЭ;
- выполнить пробное (10 ÷ 15 мин) включение измерителя.

Перед проведением измерений подготовить средства измерений согласно РЭ на них.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При проведении внешнего осмотра проверить отсутствие механических повреждений, исправность механических органов управления, исправность разъёмов и гнезд.

8.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если отсутствуют механические повреждения, механические органы управления исправны, разъёмы и гнезда исправны.

8.2 Опробование

8.2.1 Соединить с помощью кабелей блок регистрации с измерительными преобразователями «LM-150FS HTD» и «LM-P10i».

8.2.2 Включить измеритель в соответствии с РЭ. Проверить отображение подключения измерительных преобразователей на экране блока регистрации. Проверить возможность выбора режимов работы измерителя с помощью клавиш на блоке регистрации.

8.2.3 Камеру «Laser Cam IID» подключить к ПЭВМ. Запустить на ПЭВМ программное обеспечение (ПО) для работы с камерой. Проверить в окне ПО соединение с камерой. Разместить в поле зрения камеры экран с плоской диффузно отражающей поверхностью, на экран навести пучок излучения от лазера с длиной волны 0,53 мкм. Получить изображение профиля пучка лазерного излучения на мониторе ПЭВМ.

8.2.4 Результаты опробования считать положительными, если обеспечивается управление измерителем и установка режимов измерений, обеспечивается отображение на экране ПЭВМ профиля пучка лазерного излучения.

8.3 Определение относительной погрешности измерений средней мощности лазерного излучения

8.3.1 Определение систематической составляющей относительной погрешности измерений средней мощности лазерного излучения

Определение систематической составляющей относительной погрешности измерений средней мощности лазерного излучения провести с помощью вторичного эталона единиц средней мощности и энергии лазерного излучения ВЭ-36-06 (далее - ВЭ-36-06) при его работе на длине волны 0,53 мкм.

8.3.1.1 Подготовить ВЭ-36-06 к работе на длине волны 0,53 мкм в режиме передачи единицы средней мощности. Перевести измеритель в режим измерений средней мощности лазерного излучения при работе с преобразователем «LM-150FS HTD».

8.3.1.2 Подать лазерное излучение от ВЭ-36-06 на вход измерительного преобразователя «LM-150FS HTD». Значение калибровочного коэффициента при измерениях средней мощности S_{pi} измерителя определить по формуле (1):

$$S_{pi} = \frac{P_{\text{э}i}}{P_i}, \quad (1)$$

где P_i - показание измерителя, Вт;

$P_{\text{э}i}$ - показание ВЭ-36-06, Вт.

Измерения значений S_{pi} провести n раз ($n = 5 \div 7$).

8.3.1.3 Определить среднее значение \bar{S}_p калибровочного коэффициента измерителя при измерениях средней мощности и среднее квадратическое отклонение (СКО) σ_p результата измерений калибровочного коэффициента по формулам (2) и (3):

$$\bar{S}_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{pi}, \quad (2)$$

$$\sigma_p = \frac{1}{\bar{S}_p} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{pi} - \bar{S}_p)^2}{n-1}} \cdot 100\%. \quad (3)$$

8.3.1.4 Определить значение систематической составляющей погрешности измерений средней мощности лазерного излучения по формуле (4):

$$\theta_{p\kappa} = \left(\frac{1}{\bar{S}_p} - 1 \right) \cdot 100\%. \quad (4)$$

8.3.2 Относительную погрешность измерений средней мощности лазерного излучения определить по формуле (5):

$$\Delta_p = 2 \sqrt{\sum \sigma_i^2 + \frac{\sum \theta_i^2}{3}}, \quad (5)$$

где σ_i - СКО, характеризующее i -ю случайную погрешность, %;

θ_i - граница интервала i -й погрешности, учитываемой как НСП, %;

$$\sum \sigma_i^2 = \sigma_{ВЭ}^2 + \sigma_{П}^2 + \sigma_p^2, \quad (6)$$

$$\sum \theta_i^2 = \theta_{рк}^2 + \theta_p^2 + \theta_{x,y}^2, \quad (7)$$

где $\sigma_{ВЭ}$ - СКО результата измерений ВЭ-36-06 при сличении его с вышестоящим эталоном;

$\sigma_{П}$ - погрешность передачи размера единицы средней мощности от ВЭ-36-06 к измерителю;

σ_p - СКО результата измерений калибровочного коэффициента измерителя;

θ_p - НСП, обусловленная зависимостью коэффициента преобразования преобразователя от уровня измеряемой средней мощности;

$\theta_{рк,y}$ - НСП, обусловленная зависимостью коэффициента преобразования преобразователя от места попадания пучка излучения на его приемную поверхность.

Составляющие $\sigma_{ВЭ}$ и $\sigma_{П}$ указаны в формуляре ВЭ-36-06. СКО σ_p результата измерений калибровочного коэффициента измерителя определить по формуле (3) п. 8.3.1.3.

8.3.3 Составляющую θ_p проверить экспериментально путем одновременных измерений средней мощности лазерного излучения измерителем и ВЭ-36-06.

Измерения провести в следующей последовательности:

- на измеритель подать минимальное в динамическом диапазоне работы измерителя значение средней мощности P_1 и по формуле (1) определить S_{P1} ;

- при $n = 3 \div 5$ по формуле (2) определить \bar{S}_{P1} ;

- аналогично определить \bar{S}_{P2} и \bar{S}_{P3} , соответствующие среднему и максимальному значениям средней мощности P_2 и P_3 в динамическом диапазоне работы ВЭ-36-06;

- по формуле (8) определить среднее значение коэффициента преобразования:

$$\bar{S}_p = \frac{1}{3} (\bar{S}_{P1} + \bar{S}_{P2} + \bar{S}_{P3}). \quad (8)$$

Значение θ_p определить по формуле (9):

$$\theta_p = \left| \frac{\bar{S}_p - \bar{S}_{P1,2,3}}{\bar{S}_p} \right| \cdot 100 \%, \quad (9)$$

где $\bar{S}_{P1,2,3}$ - значение из ряда \bar{S}_{P1} ; \bar{S}_{P2} ; \bar{S}_{P3} , наиболее отличающееся от \bar{S}_p .

8.3.4 Определение составляющей $\theta_{p_{x,y}}$ провести по результатам измерений калибровочного коэффициента S_{p_i} измерителя.

В соответствии с методикой, изложенной в п.п. 8.3.1.2, 8.3.1.3, определить 5 средних значений калибровочного коэффициента прибора \bar{S}_p ($n=1 \div 5$) при 5-ти различных положениях центра пучка лазерного излучения относительно центра входного окна измерительного преобразователя «LM-150FS HTD». При одном из них пучок лазерного излучения необходимо юстировать в центр входного окна при допустимом отклонении до 2 мм. В остальных положениях пучок каждый раз следует юстировать таким образом, чтобы его центр попадал в одну из четырех диаметрально противоположных точек в плоскости входного окна измерительного преобразователя «LM-150FS HTD», отстоящих от его центра на расстояние (4 ± 1) мм.

По результатам измерений \bar{S}_p определить разности по формуле (10):

$$\Delta_{pj} = \frac{\bar{S}_{p1} - \bar{S}_{pj}}{\bar{S}_{p1} + \bar{S}_{pj}} \quad j = (2 \div 5), \quad (10)$$

где индекс «1» соответствует юстировке луча в центр входного окна, а «j» – остальным положениям. За значение $\theta_{p_{x,y}}$ принять максимальное по модулю значение разности Δ_{pj} .

8.3.5 Повторить операции по п.п. 8.3.1.1 ÷ 8.3.4 при работе ВЭ-36-06 на длине волны 10,6 мкм.

8.3.6 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений средней мощности лазерного излучения находятся в пределах $\pm 10\%$.

8.4 Определение относительной погрешности измерений энергии лазерного излучения

8.4.1 Определение систематической составляющей относительной погрешности измерений энергии лазерного излучения

Определение систематической составляющей погрешности измерений энергии лазерного излучения провести с помощью эталона-переносчика единицы энергии импульсного лазерного излучения ВЭПЭ (далее – ВЭПЭ).

8.4.1.1 Подготовить ВЭПЭ к работе на длине волны 1,064 мкм в режиме передачи единицы энергии. Перевести измеритель в режим измерений энергии импульсов лазерного излучения при работе с преобразователем измерительным «LM-P10i».

8.4.1.2 Импульс лазерного излучения подать от ВЭПЭ на вход измерительного преобразователя «LM-P10i». Значение калибровочного коэффициента S_{Ei} измерителя определить по формуле (11):

$$S_{Ei} = \frac{E_{\text{Э}i}}{E_i}, \quad (11)$$

где E_i - показание измерителя, Дж;

$E_{\text{Э}i}$ - значение энергии импульса лазерного излучения, поданного с ВЭПЭ, Дж.

Проверку значений S_{Ei} провести n раз ($n=5 \div 7$).

8.4.1.3 Определить среднее значение \bar{S}_E калибровочного коэффициента измерителя и СКО σ_E результата измерений калибровочного коэффициента при измерениях энергии по формулам (12) и (13):

$$\bar{S}_E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{Ei}, \quad (12)$$

$$\sigma_E = \frac{1}{\bar{S}_E} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{Ei} - \bar{S}_E)^2}{n-1}} \cdot 100\%. \quad (13)$$

8.4.1.4 Определить значение систематической составляющей погрешности измерений энергии лазерного излучения по формуле (14):

$$\theta_{Ek} = \left(\frac{1}{\bar{S}_E} - 1\right) \cdot 100\%. \quad (14)$$

8.4.2 Относительную погрешность измерений энергии лазерного излучения определить по формуле (15):

$$\Delta_E = 2 \sqrt{\sum \sigma_i^2 + \frac{\sum \theta_i^2}{3}}, \quad (15)$$

где σ_i - СКО, характеризующее i -ю случайную погрешность, %;

θ_i - граница интервала i -й погрешности, учитываемой как НСП, %;

$$\sum \sigma_i^2 = \sigma_{ВЭПЭ}^2 + \sigma_{П}^2 + \sigma_E^2, \quad (16)$$

$$\sum \theta_i^2 = \theta_{Ek}^2 + \theta_E^2 + \theta_{Ex,y}^2, \quad (17)$$

где $\sigma_{ВЭПЭ}$ - СКО результата измерений ВЭПЭ при сличении его с вышестоящим эталоном;

$\sigma_{П}$ - погрешность передачи единицы энергии от ВЭПЭ к измерителю;

σ_E - СКО результата измерений калибровочного коэффициента измерителя;

θ_W - НСП, обусловленная зависимостью коэффициента преобразования измерительного преобразователя «LM-P10i» от уровня измеряемой энергии;

$\theta_{Ex,y}$ - НСП, обусловленная зависимостью коэффициента преобразования измерительного преобразователя «LM-P10i» от места попадания пучка излучения на его приемную поверхность.

Составляющие $\sigma_{ВЭПЭ}$ и $\sigma_{П}$ указаны в формуляре ВЭПЭ. СКО σ_E результата измерений калибровочного коэффициента измерителя определить по формуле (13) п. 8.4.1.3.

Составляющую θ_E определить экспериментально путем одновременных измерений энергии лазерного импульса измерителем и ВЭПЭ.

Измерения провести в следующей последовательности:

- на измеритель подать минимальное в динамическом диапазоне работы измерителя значение энергии E_1 и по формуле (1) определить S_{E1} ;

- при $n = 3 \div 5$ по формуле (12) определить \bar{S}_{E1} ;

- аналогично определить \bar{S}_{E2} и \bar{S}_{E3} , соответствующие среднему и максимальному значениям энергии E_2 и E_3 в динамическом диапазоне работы измерителя;
- по формуле (18) определить среднее значение коэффициента преобразования:

$$\bar{S}_E = \frac{1}{3}(\bar{S}_{E1} + \bar{S}_{E2} + \bar{S}_{E3}). \quad (18)$$

Значение θ_E определить по формуле (19):

$$\theta_E = \left| \frac{\bar{S}_E - \bar{S}_{E1,2,3}}{\bar{S}_E} \right| \cdot 100 \%, \quad (19)$$

где $\bar{S}_{E1,2,3}$ - значение из ряда \bar{S}_{E1} ; \bar{S}_{E2} ; \bar{S}_{E3} , наиболее отличающееся от \bar{S}_E .

Определение составляющей $\theta_{Ex,y}$ провести по результатам измерений калибровочного коэффициента S_{Ei} измерителя.

В соответствии с методикой, изложенной в п.п. 8.4.1, 8.4.2, определить 5 средних значений калибровочного коэффициента измерителя \bar{S}_E ($n = 1 \div 5$) при 5-ти различных положениях центра пучка лазерного излучения относительно центра входного окна измерительного преобразователя «LM-P10i». При одном из них пучок лазерного излучения необходимо юстировать в центр входного окна при допустимом отклонении до 2 мм. В остальных положениях пучок каждый раз следует юстировать таким образом, чтобы его центр попадал в одну из четырех диаметрально противоположных точек в плоскости входного окна измерительного преобразователя «LM-P10i», отстоящих от его центра на расстояние (10 ± 2) мм.

По результатам измерений \bar{S}_E определить разности по формуле (20):

$$\Delta_{Ej} = \frac{\bar{S}_{E1} - \bar{S}_{Ej}}{\bar{S}_{E1} + \bar{S}_{Ej}} \quad (j = 2 \div 5), \quad (20)$$

где индекс «1» соответствует юстировке луча в центр входного окна, а «j» – остальным положениям. За значение $\theta_{Ex,y}$ принять максимальное по модулю значение разности Δ_{Ej} .

8.4.3 Повторить операции по п.п. 8.4.1, 8.4.2 при работе ВЭ-36-06 на длине волны 10,6 мкм.

8.4.4 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений энергии лазерного излучения находятся в пределах $\pm 10 \%$.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 При положительных результатах поверки измерителя выдается свидетельство установленной формы.

9.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

9.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемый измеритель к дальнейшему применению не допускается. На такой измеритель выдается извещение о его непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин.

Начальник отдела
ГЦИ СИ ФГУ «32 ГНИИИ Минобороны России»

А.В. Мазуркевич

Начальник лаборатории
ГЦИ СИ ФГУ «32 ГНИИИ Минобороны России»

О.В. Колмогоров