

СОГЛАСОВАНО

Зам. генерального директора
ФБУ «Тест-С.-Петербург»

Р.В. Павлов

«22» марта 2021 г.

М.п.



СОГЛАСОВАНО

И.о. генерального директора
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А.Н. Пронин

«22» марта 2021 г.

М.п.



Государственная система обеспечения единства измерений

ВИБРОМЕТРЫ ЛАЗЕРНЫЕ ПОРТАТИВНЫЕ VibroGoVGO-200

Методика поверки

МП 2520-107-2021

И.о. руководителя научно-исследовательской
лаборатории госэталонов в области измерений
вибраций, удара и переменных давлений
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Козляковский А.А.

«22» 03 2021 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на виброметры лазерные портативные VibroGo VGO-200 (далее – виброметры VibroGo или виброметры), выпускаемые Polytec GmbH (Германия), и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Первичная поверка проводится:

- при вводе в эксплуатацию;
- после ремонта.

Методика поверки допускает возможность проведения поверки виброметров VibroGo для меньшего числа измеряемых величин, а также на меньшем числе частотных поддиапазонов измерений в зависимости от модификации и конфигурации поверяемого виброметра.

Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость:

- к Государственному специальному эталону единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела ГЭТ 58-2018 согласно Приказа Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения»;

- к Государственному первичному эталону единицы девиации частоты ГЭТ 166-2020 в соответствии с ГОСТ Р 8.607—2004 «Государственная поверочная схема для средств измерений девиации частоты».

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки:

- методом прямых измерений и сличением с помощью компаратора в соответствии с Приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018;

- непосредственным сличением или сличением с помощью компаратора в соответствии с ГОСТ Р 8.607—2004.

2 Перечень операций поверки средства измерений (далее – поверка)

2.1 При проведении поверки выполняются операции, указанные в табл. 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	да	да
Проверка несущей частоты гетеродина модулятора сигнала скорости и режима демодуляции постоянного значения скорости	10.1	да	нет
Проверка частотных диапазонов демодуляции сигнала скорости и диапазонов изменения выходного сигнала (амплитуда) на нагрузке 1 МОм	10.2	да	нет
Проверка частот среза фильтров верхних и полос пропускания	10.3	да	нет
Проверка диапазонов измерения амплитуды скорости	10.4	да	да
Проверка диапазонов измерения амплитуды ускорения	10.5	да	да
Проверка диапазонов измерения амплитуды перемещения	10.6	да	да
Проверка частотного диапазона измерения синусоидальной вибрации и доверительных границ относительной погрешности измерения параметров вибрации в диапазонах частот	10.7	да	да

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °Сот + 15 до + 25;
- относительная влажность, % :.....от 30 до 75.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

Поверка виброметров осуществляется лицами, прошедшими специальную подготовку в качестве поверителей и изучившими нормативные документы (далее НД) на виброметры VibroGo.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 Перечень средств поверки представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8, 10.1 – 10.6	– генератор сигналов сложной/произвольной формы 81160А (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 56005-13); – мультиметр 3458А (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 77012-19).
10.2, 10.3	– вольтметр универсальный цифровой быстродействующий В7-43 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 10283-85); – осциллограф цифровой запоминающий WavePro HDR, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 74893-19 (далее осциллограф цифровой WavePro HDR).
10.7	– государственный специальный эталон единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела ГЭТ 58-2018 согласно Приказа Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения»*.
* Возможно применение вторичного эталона единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела ГЭТ 58-2018 согласно Приказа Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения» при поверке в ограниченном диапазоне частот от 0,5 до 2000 Гц.	

5.2 Средства измерений, применяемые при поверке должны быть поверены, а эталоны аттестованы.

5.3 Допускается применение других средств измерений и вспомогательного оборудования, не приведенных в табл. 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик виброметров VibroGo с требуемой точностью.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки средства поверки и поверяемые средства, а также вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление, не допускается использование в качестве заземления корпусов силовых электрических и осветительных щитов и арматуру центрального отопления.

6.2 Меры безопасности при подготовке и проведении поверки должны соответствовать действующим требованиям ГОСТ 12.2.007.0-75, «Требования безопасности к электротехническому изделию и его частям».

6.3 Установку и подключение средств поверки, поверяемых средств, а также вспомогательного оборудования производить при выключенном источнике питания.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие виброметров VibroGo следующим требованиям:

- отсутствие механических повреждений корпуса, оптических элементов, соединительных кабелей и электрических разъемов, влияющих на работоспособность виброметров VibroGo;
- соответствие комплектности и маркировки требованиям, установленным в эксплуатационной документации виброметров VibroGo;
- отсутствие загрязнений и выступающих заусенцев на контактирующих поверхностях и оптических элементах виброметров VibroGo;
- наличие всех крепежных элементов;
- правильность монтажа виброметров VibroGo.

7.2 Результат проверки считается положительным, если виброметры VibroGo соответствуют требованиям технической документации и признаются пригодными к применению, если выполняется п. 7.1.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка виброметров VibroGo к поверке должна производиться в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на них.

8.2 При проведении поверки необходимо соблюдать требования раздела «Указания мер безопасности» инструкции по эксплуатации и других нормативных документов на виброметры VibroGo.

8.3 Все подключения и отключения к виброметрам VibroGo можно производить только при отключенном напряжении питания.

8.4 Для подготовки виброметра VibroGo к поверке электрическими методами с использованием генератора сигналов сложной/произвольной формы 81160А необходимо выполнить следующие действия:

- отвернуть шесть винтов, стягивающих дно и корпус виброметра VibroGo;
- перевернуть виброметр на 180° и аккуратно приподнять дно виброметра VibroGo;
- подключить Г-образный SMB разъем калибровочного кабеля к соответствующему разъему под верхней платой виброметра и выпустить калибровочный кабель за пределы корпуса виброметра VibroGo;
- установить технологические шайбы на отверстия крепления дна и крышки виброметра, обеспечивающие выход калибровочного кабеля в зазор между дном и крышкой виброметра VibroGo и стянуть их крепежными винтами.

Примечание. После завершения поверки произвести сборку виброметра VibroGo в обратном порядке и опломбировать стык между дном и крышкой виброметра знаком поверки.

8.5 Опробование

8.5.1 При проведении опробования проверяется правильность функционирования, индикации и программного обеспечения виброметров VibroGo.

8.5.2 Собрать схему измерений в соответствии с Рис. 1 Приложения А. Подключить выход Out1 генератора 81160А к внутреннему SMB разъему виброметра VibroGo при помощи калибровочного кабеля. Установить на генераторе режим внутренней частотной модуляции сигнала (далее – ЧМ) с несущей частотой 42,0000 МГц, девиацией частоты 4,46959 МГц и частотой модуляции 1 кГц, размах выходного напряжения переменного тока ± 1 В.

Примечание. Значение девиации частоты генератора определяется величиной доплеровского сдвига частоты лазерного излучения $f_{\text{доп}}$ в мегагерцах, определяемого по формуле (1):

$$f_{\text{доп}} = 2v_{\text{max}}/\lambda, \quad (1)$$

где v_{max} – максимальное значение скорости движущейся поверхности объекта измерения, м/с;

λ - длины волны лазерного излучения (для He-Ne лазера в воздухе при нормальных условиях (при атмосферном давлении 100 кПа, температуре 23°C и относительной влажности 50%) $\lambda_{\text{He-Ne}} = 0,632816$ мкм.


8.5.3 Включить виброметр VibroGo, нажав клавишу включения питания. Проверить правильность начальной индикации прибора в соответствии с Инструкцией по эксплуатации. Установить на виброметре VibroGo диапазон измерения скорости (амплитуда) ± 2 м/с, частоту среза фильтров верхних частот OFF, полосу частот пропускания 25, 100 или 320 кГц (в зависимости от модификации виброметра), параметр фильтра адаптивного улучшения сигнала OFF, диапазон измерения ускорения (амплитуда) $\pm 10^4$ м/с², диапазон измерения перемещения (амплитуда) ± 500 мкм.

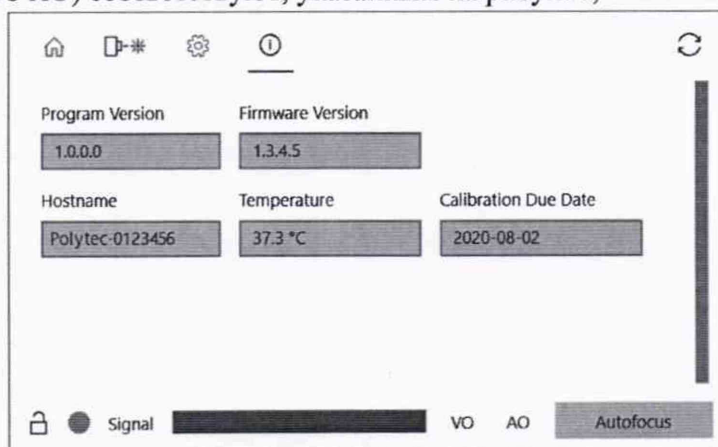
8.5.4 Результаты опробования считать удовлетворительными, если соответствующие индикаторы скорости, перемещения и ускорения на виброметре VibroGo наполнены голубым цветом более, чем на 50%, а среднеквадратическое значение напряжения на выходе аналогового сигнала CON2 виброметра VibroGo, измеренное мультиметром 3458А, составляет $(2,000 \pm 0,005)$ В.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Процедура проверки соответствия программного обеспечения, следующая:

Для проверки встроенного ПО:

- вызвать страницу System Information виброметра VibroGo «»;
- убедиться, что значения Program Version (Версия программы) и Firmware Version (Версия встроенного ПО) соответствуют, указанным на рисунке;



Для проверки автономного ПО:

- запустить внешнее программное обеспечение Polytec Vibrometer Software - VibSoft;
- в главном окне программы выбрать во вкладке «Help» пункт «Info»;
- откроется новое окно с информацией о программном обеспечении;
- провести проверку идентификационных данных программного обеспечения.

9.2 Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считается положительным, если полученные идентификационные данные (идентификационное наименование и номер версии) программного обеспечения виброметров VibSoft

соответствуют идентификационным данным технической документации на виброметры VibroGo.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Проверка несущей частоты гетеродина модулятора сигнала скорости и режима демодуляции постоянного значения скорости

10.1.1 Выполнить операции в соответствии с п. 8.5. Отключить на генераторе режим внутренней частотной модуляции сигнала (далее – ЧМ), сохранив значение несущей частоты 42,0000 МГц.

10.1.2 Изменяя значение несущей частоты на выходе генератора в пределах $(42,0000 \pm 0,001)$ МГц, добиться минимального значения напряжения постоянного тока на выходе CON2 виброметра VibroGo в диапазоне ± 10 мВ, измеренного мультиметром 3458А.

10.1.3 Результаты проверки считать удовлетворительными, если значение несущей частоты на выходе генератора $F_{нес}$, обеспечивающее минимальное значение напряжения постоянного тока на выходе CON2 виброметра VibroGo, находится в пределах $(42,000 \pm 0,001)$ МГц.

10.1.4 Установить на генераторе значения несущей частоты $(F_{нес} + 3,16048)$ МГц и $(F_{нес} - 3,16048)$ МГц соответственно и измерить значения напряжения постоянного тока на выходе CON2 виброметра VibroGo. Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения напряжения постоянного тока на выходе CON2 виброметра составляют соответственно $(2,000 \pm 0,005)$ В и минус $(2,000 \pm 0,005)$ В.

10.2 Проверка частотных диапазонов демодуляции сигнала скорости и диапазонов изменения выходного сигнала (амплитуда) на нагрузке 1 МОм

10.2.1 Выполнить операции в соответствии с п. 8.5.

10.2.2 Установить на осциллографе цифровом запоминающим WavePro HDR значение нагрузки 1 МОм и настроить курсорные измерения размаха выходного сигнала скорости на выходе виброметра VibroGo.

10.2.3 Изменяя частоту модуляции на выходе генератора 81160А в соответствии со следующими рядами частот (в зависимости от модификации виброметра):

- 0,01, 0,02, 0,05, 0,1, 0,2, 0,5, 1, 2, 5, 10 Гц;
- 10, 20, 50, 100, 200, 500, 800 Гц; 1, 2, 4, 8, 20, 40, 80, 250 кГц.

измерять среднеквадратическое значение напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo, изменяя полосу пропускания виброметра так, чтобы верхняя граница полосы пропускания была, по крайней мере в 1,25 раза выше задаваемой частоты. При этом для измерений в диапазоне частот модуляции (0,01 – 10) Гц использовать вольтметр универсальный цифровой быстродействующий В7-43, для измерений в диапазоне частот модуляции 10 Гц – 250 кГц использовать мультиметр 3458А.

Для каждого значения частоты модуляции f_i рассчитать относительное отклонение напряжения δ_{f_i} на выходе виброметра VibroGo от значения выходного напряжения на частоте 1 кГц по формуле (2):

$$\delta_{f_i} = 20 \cdot \log(U_{f_i}/U_{1000}), \quad (2)$$

где U_{f_i} - среднеквадратическое значение напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo на частоте f_i , В;

U_{1000} - среднеквадратическое значение напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo на частоте 1000 Гц, В.

Примечание. В качестве универсального средства измерения полосы пропускания виброметра VibroGo допускается использовать курсорные измерения размаха выходного сигнала скорости на выходе виброметра при помощи осциллографа цифрового запоминающего WavePro HDR. Для удобства численной оценки неравномерности частотной характеристики виброметра в этом случае рекомендуется установить девиацию частоты генератора 81160A равную 790,119 кГц и установить на виброметре VibroGo диапазон измерения скорости (амплитуда) ± 2 м/с. В этом случае размах напряжения переменного тока, измеренного при помощи осциллографа цифрового запоминающего WavePro HDR при частоте модуляции 1 кГц, составит $(1,00 \pm 0,01)$ В.

10.2.4 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения относительного отклонения напряжения на выходе виброметра VibroGo на всех частотах от значения выходного напряжения на частоте 1 кГц не превышают $\pm 0,1$ дБ в диапазоне частот от 0 Гц до 250 кГц.

10.3 Проверка частот среза фильтров верхних и полос пропускания

10.3.1 Проверку частот среза верхних частот для полосовых фильтров выполнять по методике п.10.2, устанавливая частоты модуляции на выходе генератора 81160A и частоты среза фильтров верхних частот виброметра VibroGo 13 Гц и 104 Гц или 11 Гц и 173 Гц (в зависимости от модификации виброметра).

10.3.2 Результаты проверки считать удовлетворительными, если при включенных фильтрах верхних частот значения относительного отклонения напряжения на выходе виброметра VibroGo на всех частотах по п.10.3.1 от значения выходного напряжения на частоте 1 кГц оказываются меньше или равными минус 3,0 дБ.

10.3.3 Проверку полос пропускания полосовых фильтров выполнять по методике п.10.2, устанавливая частоты модуляции на выходе генератора 81160A и полосы пропускания виброметра VibroGo в соответствии со следующими рядами частот (в зависимости от модификации виброметра):

- 1, 5, 10, 25, 50, 100, 320 кГц.

10.3.4 Результаты поверки считать удовлетворительными, если при включенных полосовых фильтрах значения относительного отклонения напряжения на выходе виброметра VibroGo на всех частотах по п.10.3.1 от значения выходного напряжения на частоте 1 кГц не превышают: плюс 0,1/минус 0,2 дБ в диапазоне частот от 1 кГц до 320 кГц.

10.4 Проверка диапазонов измерения амплитуды скорости

10.4.1 Выполнить операции в соответствии с п. 8.5.

10.4.2 Подключить на выход CON2 виброметра VibroGo мультиметр 3458A и установить на виброметре режим измерения скорости.

10.4.3 Устанавливая на генераторе 81160A частоту модуляции 1 кГц и девиацию частоты в соответствии с табл. 3, измерять среднеквадратическое (для режима 700 мм/с и 0 Гц - постоянное) значение напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo.

Таблица 3 – Проверка диапазонов измерения скорости

Диапазон измерения скорости VibroGo	Амплитуда скорости и частота модуляции	Девиация частоты генератора 81160A, кГц	$U_{уст}$, В	$U_{изм}$, В	δ_{vis} , %
6 м/с**)	4,2 м/с и 1 кГц	13274,001	1,9799		
5 м/с**)	3,5 м/с и 1 кГц	11061,667	1,9799		
4 м/с**)	2,8 м/с и 1 кГц	8849,334	1,9799		
3 м/с**)	2,1 м/с и 1 кГц	6637,000	1,9799		

Диапазон измерения скорости VibroGo	Амплитуда скорости и частота модуляции	Девияция частоты генератора 81160А, кГц	$U_{уст}, В$	$U_{измi}, В$	$\delta_{vi}, \%$
2 м/с	1,4 м/с и 1 кГц	4424,667	1,9799		
1 м/с	700 мм/с и 1 кГц	2212,333	1,9799		
2 м/с	700 мм/с и 0 Гц*)	44212,333	1,4000		
		39787,667	-1,4000		
500 мм/с	350 мм/с и 1 кГц	1106,167	1,9799		
200 мм/с	140 мм/с и 1 кГц	442,467	1,9799		
100 мм/с	70 мм/с и 1 кГц	221,233	1,9799		
50 мм/с	35 мм/с и 1 кГц	110,617	1,9799		
20 мм/с	14 мм/с и 1 кГц	44,2467	1,9799		
10 мм/с	7,0 мм/с и 1 кГц	22,1233	1,9799		
5 мм/с**)	3,5 мм/с и 1 кГц	11,0617	1,9799		

*) для режима демодуляции постоянного значения скорости

**) для модификации виброметра VGO-200 Pioneer

10.4.4 Для каждого значения девиации частоты рассчитать относительное отклонение измеренного значения напряжения на выходе виброметра VibroGo от установленного значения по формуле (3):

$$\delta_{vi} = (U_{измi}/U_{уст} - 1) \cdot 100, \quad (3)$$

где $U_{изм}$ - измеренное среднеквадратическое значение напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo для i -го диапазона, В;

$U_{уст}$ - установленное среднеквадратическое значение напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo, В.

10.4.5 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения относительного отклонения напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo от установленного значения на всех диапазонах не превышают $\pm 0,5 \%$.

Примечание. Значение верхней границы диапазона измерения скорости виброметра VibroGo V_6 определяется значением длины волны лазерного излучения в микрометрах, определяемое по формуле (4):

$$V_6 = f_{max} \cdot \lambda / 2, \quad (4)$$

где f_{max} - максимальное значение девиации частоты при демодуляции доплеровского сигнала, обрабатываемого виброметром VibroGo, МГц (округленно $f_{max} \approx 19,17$ МГц);

λ - длины волны лазерного излучения (для He-Ne лазера в воздухе при нормальных условиях $\lambda_{He-Ne} = 0,632816$ мкм).

10.5 Проверка диапазонов измерения амплитуды ускорения

10.5.1 Выполнить операции в соответствии с п. 8.5.

10.5.2 Подключить на выход CON2 виброметра VibroGo мультиметр 3458А и установить на виброметре режим измерения ускорения.

10.5.3 Устанавливая частоту и девиацию частоты на генераторе 81160А, ширину полосы, частоты среза фильтров верхних частот и отключив режим фильтра адаптивного улучшения сигнала виброметра VibroGo в соответствии с табл. 4, измерять среднеквадратическое значение напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo.

Таблица 4 – Проверка диапазонов измерения ускорения

Диапазон измерения ускорения VibroGo *)	Амплитуда ускорения и частота модуляции	Девияция частоты генератора 81160А, кГц	$U_{уст},$ В	$U_{изм},$ В	$\delta_{ai},$ %	$V_{уст},$ м/с	Bandwidth/ High pass filter/ ASE filter
500000 м/с ² **)	350000 м/с ² и 16 кГц	11003,230	1,9799			3,48151	100kHz/Off/ Off
200000 м/с ² **)	140000 м/с ² и 8 кГц	8802,590	1,9799			2,78521	50kHz/Off/ Off
100000 м/с ² **)	70000 м/с ² и 4 кГц	8802,590	1,9799			2,78521	50kHz/Off/ Off
50000 м/с ² **)	35000 м/с ² и 2 кГц	8802,590	1,9799			2,78521	50kHz/Off/ Off
20000 м/с ² **)	14000 м/с ² и 1 кГц	7042,079	1,9799			2,22817	25kHz/Off/ Off
100000 м/с ²	8750 м/с ² и 1 кГц	4401,311	0,2475			1,39261	10kHz/Off/ Off
50000 м/с ²	8750 м/с ² и 1 кГц	4401,311	0,4950			1,39261	10kHz/Off/ Off
20000 м/с ²	7000 м/с ² и 1 кГц	3521,023	0,9900			1,11408	10kHz/Off/ Off
10000 м/с ²	7000 м/с ² и 1 кГц	3521,023	1,9799			1,11408	10kHz/Off/ Off
5000 м/с ²	3500 м/с ² и 1 кГц	1760,519	1,9799			0,5570	5kHz/Off/ Off
2000 м/с ²	1400 м/с ² и 1 кГц	704,208	1,9799			0,2228	5kHz/Off/ Off
1000 м/с ²	700 м/с ² и 1 кГц	352,102	1,9799			0,1114	5kHz/Off/ Off
500 м/с ²	350 м/с ² и 1 кГц	176,052	1,9799			0,0557	5kHz/Off/ Off
200 м/с ²	140 м/с ² и 1 кГц	70,421	1,9799			0,0223	5kHz/Off/ Off
100 м/с ²	70 м/с ² и 1 кГц	35,210	1,9799			0,0111	5kHz/Off/ Off
50 м/с ²	35 м/с ² и 1 кГц	17,605	1,9799			0,0056	5kHz/Off/ Off
20 м/с ²	14 м/с ² и 1 кГц	7,042	1,9799			0,00223	5kHz/Off/ Off
10 м/с ²	7 м/с ² и 1 кГц	3,521	1,9799			0,0011	1kHz/Off/ Off
5 м/с ²	3,5 м/с ² и 1 кГц	1,761	1,9799			0,00056	1kHz/Off/ Off
2 м/с ² **)	1,4 м/с ² и 1 кГц	0,70422	1,9799			0,00022	1kHz/Off/ Off

*) в зависимости от модификации виброметра

***) для модификации виброметра VGO-200 Pioneer

10.5.4 Для каждого значения девиации частоты рассчитать относительное отклонение измеренного значения напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo от установленного значения по формуле (5):

$$\delta_{ai} = (U_{изм}/U_{уст} - 1) \cdot 100, \quad (5)$$

где $U_{изм}$ - измеренное среднеквадратическое значение напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo для i -го диапазона, В;

$U_{уст}$ - установленное среднеквадратическое значение напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo, В.

10.5.5 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения относительного отклонения напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo от установленного значения на всех диапазонах не превышают $\pm 0,5\%$.

Примечание. Значение верхней границы диапазона измерения ускорения виброметра VibroGo определяется (в зависимости от модификации виброметра) максимальными значениями скорости и ширины полосы измерения ускорения, определяемое по формуле (6):

$$A_v = V_{max} \cdot 2\pi \cdot f_{ШПmax}, \quad (6)$$

где V_{max} - максимальное значение скорости, измеряемое виброметром VibroGo ($V_{max} = 6$ м/с);

$f_{ШПmax}$ – максимальное значение ширины полосы измерения ускорения при демодуляции доплеровского сигнала, обрабатываемого виброметром VibroGo (округленно $f_{ШПmax} \approx 320$ кГц).

10.6 Проверка диапазонов измерения амплитуды перемещения

10.6.1 Выполнить операции в соответствии с п. 8.5.

10.6.2 Подключить на выход CON2 виброметра VibroGo мультиметр 3458А и установить на виброметре режим измерения перемещения.

10.6.3 Устанавливая частоту и девиацию частоты на генераторе 81160А, ширину полосы, частоты среза фильтров верхних и нижних частот и отключив режим фильтра адаптивного улучшения сигнала виброметра VibroGo в соответствии с табл. 5, измерять среднеквадратическое значение напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo, изменяя соответствующим образом частоту среза фильтров нижних частот виброметра.

Таблица 5 – Проверка диапазонов измерения перемещения

Диапазон измерения перемещения VibroGo *)	Амплитуда перемещения и частота модуляции	Девиация частоты генератора 81160А, кГц	$U_{уст}$, В	$U_{измi}$, В	δ_{ai} , %	$V_{уст}$, м/с	Bandwidth/ High pass filter/ Low pass filter
200 мм**)	140 мм и 3 Гц	8340,307	1,9799			2,6389	1kHz/Off/Off
100 мм**)	70 мм и 7 Гц	9730,348	1,9799			3,0788	1kHz/Off/Off
50 мм**)	35 мм и 15 Гц	10425,37	1,9799			3,2987	1kHz/Off/Off
50 мм	35 мм и 7 Гц	4865,17	1,9799			1,5394	1kHz/Off/Off
20 мм	14 мм и 31 Гц	4170,15	1,9799			1,3195	1kHz/Off/Off
10 мм	7 мм и 31 Гц	4399,15	1,9799			1,3635	1kHz/Off/Off
5 мм	3,5 мм и 62 Гц	4399,15	1,9799			1,3635	1kHz/Off/Off
2 мм	1,4 мм и 125 Гц	3475,13	1,9799			1,0996	1kHz/Off/13
1 мм	700 мкм и 250 Гц	3475,13	1,9799			1,0995	100kHz/Off/13

Диапазон измерения перемещения VibroGo *)	Амплитуда перемещения и частота модуляции	Девияция частоты генератора 81160А, кГц	$U_{уст}$, В	$U_{изм}$, В	δ_{ai} , %	$V_{уст}$, м/с	Bandwidth/ High pass filter/ Low pass filter
500 мкм	350 мкм и 500 Гц	3475,13	1,9799			1,0995	100kHz/Off/13
200 мкм	140 мкм и 1 кГц	2780,100	1,9799			0,8796	1kHz/Off/104
100 мкм	70 мкм и 1 кГц	1390,050	1,9799			0,4398	1kHz/Off/104
50 мкм	35 мкм и 1 кГц	695,025	1,9799			0,2199	1kHz/Off/104
20 мкм	14 мкм и 1 кГц	278,010	1,9799			0,0880	1kHz/Off/104
10 мкм	7 мкм и 1 кГц	139,005	1,9799			0,0440	1kHz/Off/104
5 мкм	3,5 мкм и 1 кГц	69,503	1,9799			0,0220	1kHz/Off/104
2 мкм	1,4 мкм и 1 кГц	27,801	1,9799			0,00880	1kHz/Off/104
1 мкм	700 нм и 1 кГц	13,901	1,9799			0,00440	1kHz/Off/104
500 нм	350 нм и 1 кГц	6,950	1,9799			0,00220	1kHz/Off/104
200 нм **)	192,5 нм и 1 кГц	3,823	2,7224			0,00121	1kHz/Off/104

*) в зависимости от модификации виброметра

**) для модификации виброметра VGO-200 Pioneer

10.6.4 Для каждого значения девиации частоты рассчитать относительное отклонение измеренного значения напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo от установленного значения по формуле (7):

$$\delta_{ai} = (U_{изм}/U_{уст} - 1) \cdot 100, \quad (7)$$

где $U_{изм}$ - измеренное среднеквадратическое значение напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo для i -го диапазона, В;

$U_{уст}$ - установленное среднеквадратическое значение напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo, В.

10.6.5 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения относительного отклонения напряжения на выходе CON2 виброметра VibroGo от установленного значения на всех диапазонах не превышают $\pm 0,5\%$.

10.7 Проверка частотного диапазона измерения синусоидальной вибрации и доверительных границ относительной погрешности измерения параметров вибрации в диапазонах частот

10.7.1 Проверку частотного диапазона измерения синусоидальной вибрации и доверительных границ относительной погрешности измерения параметров вибрации в диапазонах частот следует производить:

при возможности совмещения измерительных лучей штатного лазерного интерферометра из состава эталона единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела и поверяемого виброметра - методом прямых измерений коэффициента преобразования виброметра VibroGo с помощью эталона единиц длины,

скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела согласно Приказа Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения» согласно методам 1 – 3 ГОСТ ISO 16063-41;

при невозможности совмещения измерительных лучей штатного лазерного интерферометра из состава ГЭТ (ВЭТ) и поверяемого виброметра - расчетным-экспериментальным методом оценки сходимости результатов измерений коэффициентов преобразования контрольных акселерометров согласно методу 4 ГОСТ ISO 16063-41. В этом случае в качестве эталонов сравнения следует использовать контрольные акселерометры из состава ГЭТ (ВЭТ), например акселерометры, встроенные в вибростенды ГЭТ (ВЭТ) или верификационные акселерометры из комплекта эталона.

10.7.2 При возможности совмещения измерительных лучей штатного лазерного интерферометра из состава ГЭТ (ВЭТ) и поверяемого виброметра собрать схему измерений в соответствии с Рис. 2, 3 Приложения А и произвести измерения коэффициента преобразования виброметра VibroGo по выходу CON2 при помощи штатной процедуры измерения коэффициента преобразования поверяемого преобразователя ГЭТ (ВЭТ).

10.7.3 При невозможности совмещения измерительных лучей штатного лазерного интерферометра из состава ГЭТ (ВЭТ) и поверяемого виброметра заменить штатный лазерный интерферометр виброметром VibroGo и собрать схему измерений в соответствии с Рис. 4 Приложения А. Произвести измерения коэффициента преобразования контрольных акселерометров из состава ГЭТ (ВЭТ) при помощи поверяемого виброметра VibroGo методом сравнения коэффициента преобразования контрольного акселерометра с коэффициентом преобразования виброметра VibroGo по выходу CON2 с учетом Примечания к Рис. 4.

10.7.4 Произвести оценки сходимости результатов измерений коэффициентов преобразования поверяемого виброметра VibroGo при использовании методов 1 – 3 ГОСТ ISO 16063-41 или результатов измерений коэффициентов преобразования контрольных акселерометров методом 4 ГОСТ ISO 16063-41.

В качестве исходных данных следует использовать:

- значения среднеквадратических отклонений (СКО) и неучтенных систематических погрешностей (НСП), заявленные за ГЭТ или значения доверительных границ относительной погрешности, заявленные за ВЭТ, и представленные в табл. 6;
- значения доверительных границ относительной погрешности измерения параметров вибрации виброметров VibroGo в диапазонах частот;
- результаты измерений отклонения коэффициента преобразования виброметра VibroGo по выходу CON2 δ_{Si} , полученного с использованием ГЭТ (ВЭТ), от номинального значения;
- результаты измерений отклонения коэффициента преобразования контрольного акселерометра δ_{Si} от эталонного значения, полученного с использованием ГЭТ (ВЭТ).

10.7.5 Рассчитать относительное отклонение коэффициента преобразования контрольного акселерометра δ_{Si} от эталонного значения по формуле (8), %:

$$\delta_{Si} = (S_{VFi}/S_{ЭTi} - 1) \cdot 100, \quad (8)$$

где S_{VFi} – значение коэффициента преобразования контрольного акселерометра, определенное для i -ого измерения при помощи виброметра VibroGo;

$S_{ЭТi}$ – значение коэффициента преобразования контрольного акселерометра, определенное при i -ом измерении с использованием ГЭТ (ВЭТ).

Полученные значения занести в таблицу 6.

Таблица 6

Диапазон частот, Гц	Доверительные границы относительной погрешности виброметра VibroGo Δ_{VF} , %	Относительная суммарная погрешность ВЭТ $S_{\Sigma 0}$, %	Характеристики относительной погрешности ГЭТ 58-2018, %		Измеренные значения S_i , мВ с ² /м		Относительное отклонение результата измерения S δ_{Si} , %
			СКО	НСП	S_{VF_i}	$S_{ЭТi}$	
от 0,1 до 0,5 Гц	$\pm (0,5 - 1,0)$	-	(0,05–0,1)	0,15			
св. 0,5 до 20 Гц	$\pm (0,3 - 0,8)$	$\pm 0,5$					
св. 20 до 800 Гц	$\pm (0,3 - 0,5)$	$\pm 0,15$					
св. 800 до 2000 Гц	$\pm (0,3 - 0,7)$	$\pm 0,5$					
св. 2000 до 5000 Гц	$\pm (0,3 - 0,8)$	-					
св. $5 \cdot 10^3$ до 10^4 Гц	$\pm (0,4 - 0,8)$	-					
св. 10^4 до $2 \cdot 10^4$ Гц	$\pm (0,5 - 1,0)$	-					

Примечание. При прямом измерении коэффициента преобразования виброметра VibroGo в качестве $S_{ЭТi}$ следует принимать его номинальное значение при соответствующих настройках виброметра VibroGo.

10.7.6 Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения относительного отклонения коэффициента преобразования контрольного акселерометра от эталонного значения или отклонения коэффициента преобразования виброметра VibroGo по выходу CON2 от номинального значения на всех диапазонах частот не превышают верхнего значения доверительных границ относительной погрешности виброметра VibroGo, указанных в табл. 6.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Проводится определение доверительных границ относительной погрешности измерений параметров вибрации в диапазонах частот, выраженную в процентах относительного отклонения коэффициента преобразования контрольного акселерометра от эталонного значения или отклонения коэффициента преобразования виброметра VibroGo по выходу CON2 от номинального значения на всех диапазонах частот не превышают верхнего значения доверительных границ относительной погрешности виброметра VibroGo, указанных в табл. 6.

11.2 Проводится проверка несущей частоты гетеродина модулятора сигнала скорости и режима демодуляции постоянного значения скорости. Значение несущей частоты на выходе генератора $F_{нес}$, обеспечивающее минимальное значение напряжения постоянного тока на выходе CON2 виброметра VibroGo, должно находиться в пределах $(42,000 \pm 0,001)$ МГц. Значения напряжения постоянного тока на выходе CON2 виброметра должны составлять соответственно $(2,000 \pm 0,005)$ В и минус $(2,000 \pm 0,005)$ В.

11.3 Проводится проверка частотных диапазонов демодуляции сигнала скорости и диапазона изменения выходного сигнала (амплитуда) на нагрузках 1 МОм. Значения относительного отклонения напряжения на выходе виброметра VibroGo на всех частотах от значения выходного напряжения на частоте 1 кГц не должны превышать $\pm 0,1$ дБ в диапазоне частот от 0 Гц до 250 кГц.

11.4 Проводится проверка подтверждения соответствия виброметров VibroGo рабочим эталонам 1 разряда по ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения».

На основании результатов поверки виброметр VibroGo признается пригодным к применению в качестве рабочего эталона 1 разряда, если соответствует метрологическим требованиям ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения».

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки считаются положительными, если характеристики виброметра VibroGo удовлетворяют всем требованиям данной методики. В этом случае результаты поверки оформляются в соответствии с действующими нормативными документами Российской Федерации.

12.2 Протокол поверки оформляется в соответствии с действующими нормативными документами Российской Федерации. Копия протокола для средства измерений применяемых в качестве эталона единиц величин передается в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.3 Знак поверки наносится в виде оттиска на свидетельство о поверке и/или в виде наклейки на корпус виброметра VibroGo.

12.4 При отрицательных результатах виброметр VibroGo к применению не допускается и результаты оформляются в соответствии с действующими нормативными документами Российской Федерации с указанием причин о непригодности.

12.5 Сведения о результатах поверки виброметра VibroGo передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Схемы соединений при поверке лазерных виброметров VibroGo

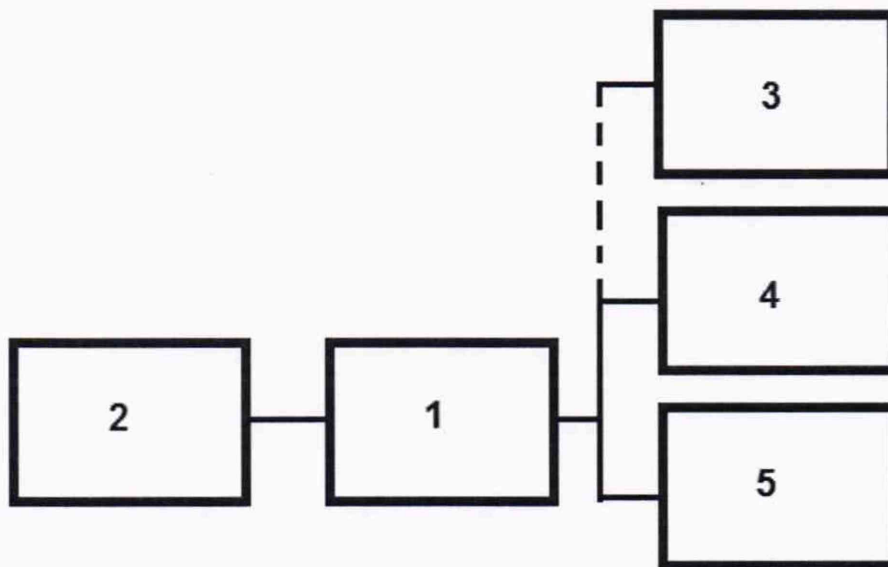


Рисунок 1 – Схема соединений для поверки виброметра VibroGo

1 – внутренний контроллер виброметра VibroGo; 2 - генератор сигналов сложной/произвольной формы 81160A; 3 - вольтметр универсальный цифровой быстродействующий В7-43; 4 – мультиметр 3458A; 5 - осциллограф цифровой запоминающий WavePro HDR

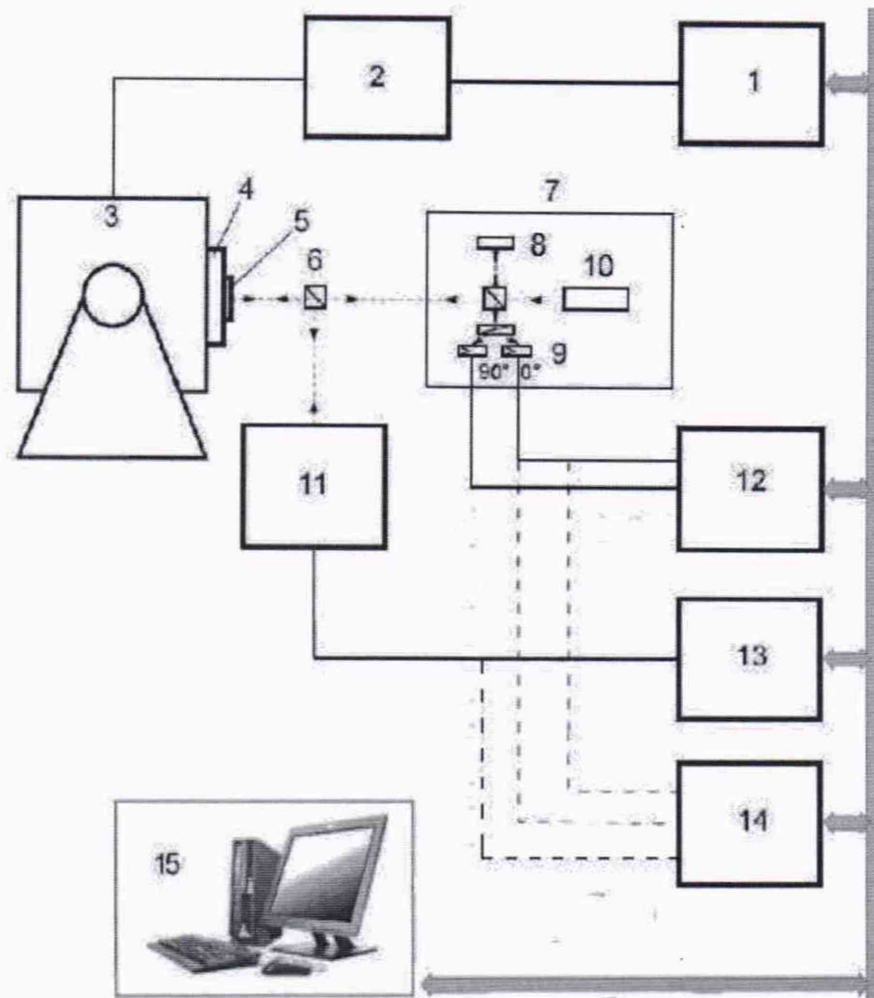


Рисунок 2 – Пример установки для поверки виброметров VibroGo с помощью ГЭТ (ВЭТ) единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела

1 - генератор сигналов; 2 - усилитель мощности; 3 - вибростенд; 4 – стол вибростенда; 5 - отражатель; 6 - светоделитель; 7 - эталонный лазерный интерферометр; 8 - опорное зеркало; 9 - фотодетекторы; 10 - лазер; 11 - поверяемый лазерный виброметр; 12 - цифровое устройство записи сигнала; 13 - вольтметр; 14 – осциллограф; 15 - система управления и сбора данных

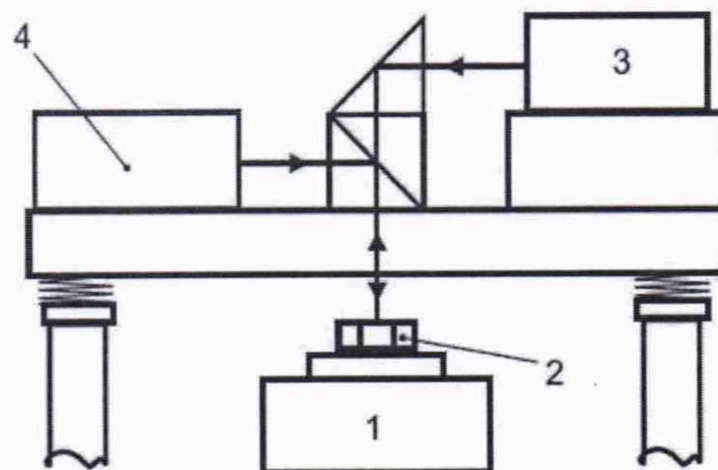


Рисунок 3 - Пример схемы совмещения измерительных лучей эталонного лазерного интерферометра из состава ГЭТ (ВЭТ) и поверяемого виброметра

1 - возбудитель вибрации; 2 - отражатель; 3 – оптический преобразователь эталонного лазерного интерферометра; 4 - оптический преобразователь поверяемого лазерного виброметра

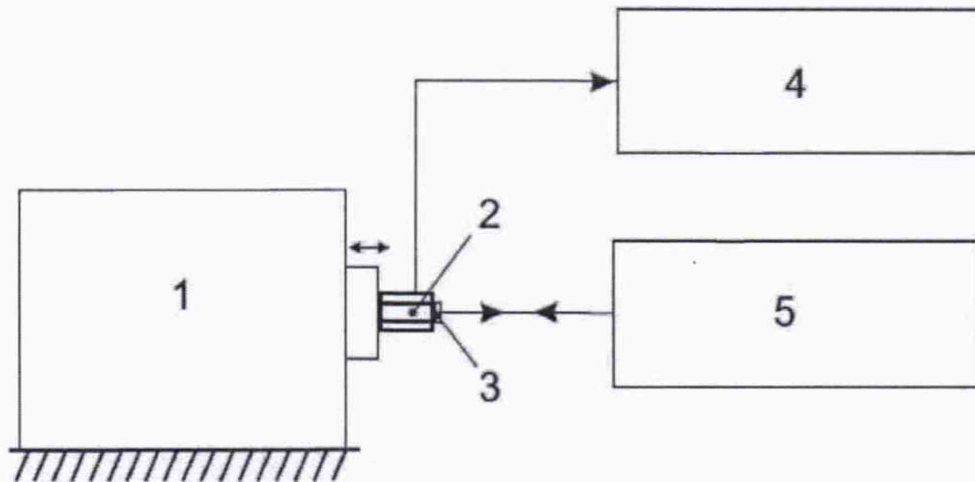


Рис. 4 - Пример установки для поверки виброметров VibroGo методом сравнения с эталонным преобразователем

1 - вибростенд; 2 - контрольный акселерометр из состава ГЭТ (ВЭТ); 3 - отражающий адаптер; 4 - измерительное устройство; 5 - поверяемый лазерный виброметр

Примечание.

Контрольный акселерометр из состава ГЭТ (ВЭТ), в том числе являющийся составной частью вибростенда и применяемый для поверки лазерных оптических преобразователей, должен быть поверен первичным методом лазерной интерферометрии согласно методам 1 – 3 ГОСТ ISO 16063-11. Для повышения воспроизводимости результатов поверки точки измерений (места падения лазерного луча на поверхности отражателя) должны быть точно определены.

Осуществляют регулировку измерительной системы с учетом следующих требований:

- если контрольный акселерометр не является составной частью вибростенда, то устанавливают контрольный акселерометр на стол вибростенда с рекомендуемым моментом затяжки;

- если контрольный акселерометр устанавливают с помощью резьбового соединения (шпильке), то на поверхность стола в месте установки акселерометра наносят тонкую пленку легкого масла, воска или другого смазочного материала, что особенно важно при калибровке на высоких частотах;

- световое пятно от луча поверяемого лазерного виброметра должно находиться в середине отражателя на расстоянии не более 3 мм от его оси;

- лазерный луч должен падать на отражатель перпендикулярно к его поверхности;

- путь лазерного луча должен быть максимально коротким (с учетом длины когерентности лазерного излучения), чтобы не уменьшать отношение сигнал/шум;

- выполняют многократные измерения коэффициента преобразования контрольного акселерометра в различных местах падения лазерного луча на поверхности отражателя, равномерно расположенных по окружности вокруг центра отражателя, с усреднением результатов измерений.