

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»
(ФГБУ «ВНИИМС»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
ФГБУ «ВНИИМС»




Ф.В. Булыгин

«24» 04 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ВИБРОУСТАНОВКА ПОВЕРОЧНАЯ АТ-9000-4812

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 204/3-11-2023

г. Москва
2023 г.

Общие положения

Настоящая методика распространяется на виброустановку поверочная АТ-9000-4812 (далее - виброустановка), изготовленную ООО «Альфатех» и устанавливает методику первичной и периодической поверок.

Виброустановка поверочная АТ-9000-4812 предназначена для воспроизведения и измерения параметров вибрации (виброускорения, виброскорости и виброперемещения), а также для проведения поверки виброметров и виброизмерительных преобразователей.

Принцип действия виброустановки основан на воспроизведении вибростендом синусоидальной вибрации и измерении параметров воспроизводимой вибрации при помощи эталонного вибропреобразователя.

Виброустановки используют метод сравнения с эталонным вибропреобразователем.

Виброустановка состоит из:

- вибростенда 4805 с вибростолом 4812 производства «Bruel & Kjaer», Дания;
- усилителя мощности 2707 производства «Bruel & Kjaer», Дания;
- акселерометра пьезоэлектрического 353B17 (рег. № 76591-19);
- преобразователя напряжения измерительного аналого-цифрового модульного USB-4431 производства «National Instruments», США (далее – преобразователь NI-4431).

Конструктивно вибростенд состоит из корпуса с установленным в нем постоянным магнитом, форма которого позволяет создать магнитное поле в зазоре. В зазор устанавливается подвижная катушка с прикрепленным к ней вибростолом, в которой циркулирует переменный ток, поступающий с усилителя мощности. На усилитель мощности переменный сигнал подается с выхода генератора, встроенного в преобразователь NI-4431. Вибростенд преобразует энергию электрического сигнала от усилителя мощности в энергию механических колебаний вибростола. Параметры вибрации контролируются с помощью эталонного акселерометра, установленного на вибростол виброустановки, сигнал которого преобразуется и усиливается с помощью преобразователя NI-4431. Управление работой виброустановки происходит при помощи программного обеспечения, установленного на персональный компьютер.

Настоящая методика поверки применяется для поверки виброустановки поверочной АТ-9000-4812, используемой в качестве поверочной виброустановки 2-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2018 года № 2772 «Государственная поверочная схема для средств измерения виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения».

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в Приложении А.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемого СИ к ГЭТ 58-2018 «Государственный первичный эталон единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела».

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод прямых измерений или метод сличения в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2018 года № 2772 «Государственная поверочная схема для средств измерения виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения».

Методика поверки допускает возможность поверки СИ на меньшем числе поддиапазонов амплитуд и частот с указанием объема выполненной поверки в свидетельстве о поверке при условии обязательной поверке в поддиапазоне частот в котором находится базовая частота поверяемого вибростенда виброустановки.

1. Перечень операций поверки средства измерений.

1.1 При проведении первичной и периодической поверок виброустановки поверочной АТ-9000-4812 выполняются операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта	Проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр средства измерений	6	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7	да	да
Проверка программного обеспечения средства измерений	8	да	да
Определение метрологических характеристик средства измерений	9	да	да
Определение уровня вибрационного шума	9.1	да	да
Определение коэффициента гармоник	9.2	да	да
Определение относительного коэффициента поперечного движения вибростола	9.3	да	да
Определение отклонения коэффициента преобразования	9.4	да	да
Определение относительной погрешности измерений напряжения вторичного преобразователя	9.5	да	да
Определение относительной погрешности измерений параметров вибрации	9.6	да	да
Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям	10	да	да

1.2 При получении отрицательного результата какой-либо операции поверки дальнейшая поверка не проводится, и результаты оформляются в соответствии с п. 11.2.

2. Требования к условиям проведения поверки

2.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха: $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт.ст.).

2.2 Перед проведением поверки оборудование должно быть подготовлено к работе в соответствии с руководством по эксплуатации.

2.3 Средства поверки, вспомогательные средства и поверяемое средство измерений должны иметь защитное заземление.

3. Требования к специалистам, осуществляющим поверку.

3.1. К поверке допускаются лица имеющие необходимые навыки по работе с подобными средствами измерений, включая перечисленные в таблице 2, и ознакомленными с эксплуатационной документацией на виброустановка поверочная АТ-9000-4812 и данной методикой поверки.

4. Метрологические и технические требования к средствам поверки.

4.1. При проведении поверки необходимо применять основные и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7.2	Средства измерений температуры от -10 °С до +60 °С с погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности от 10 % до 95 %, с погрешностью не более ± 3 %; Средства измерений абсолютного давления от 80 до 110 кПа, ПГ $\pm 0,5$ кПа	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
9.1	Рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г. в диапазоне значений виброускорения от 0,01 до 1000 м/с ² в диапазоне частот от 5 до 10000 Гц	Акселерометр пьезоэлектрический 353В04 (рег. № 76591-19)
9.2	Измеритель нелинейных искажений, пределы относительной погрешности ± 10 %	Измеритель нелинейных искажений АКИП-4501 (рег. № 68366-17)
9.3	Трёхкомпонентный вибропреобразователь, пределы относительной погрешности в рабочем диапазоне частот ± 10 %	Акселерометр пьезоэлектрический 356В11 (рег. № 76591-19)
9.4	Рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г. в диапазоне значений виброускорения от 0,01 до 1000 м/с ² в диапазоне частот от 5 до 10000 Гц	Акселерометр пьезоэлектрический 353В04 (рег. № 76591-19)
9.5	Средство измерений напряжения переменного тока с диапазоном измерений напряжения переменного напряжения от 1 мВ до 10 В в диапазоне частот от 5 до 10000 Гц с погрешностью не более 0,1 %	Мультиметр 3458А (рег. № 25900-03)

Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, при этом обеспечивающие требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

5. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.

5.1. К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

5.2. При работе со средствами поверки и поверяемым средством измерений должны быть соблюдены требования безопасности, оговоренные в соответствующей эксплуатационной документации.

6. Внешний осмотр средства измерений

6.1. При внешнем осмотре устанавливают соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа, комплектности и маркировки, а также отсутствие механических повреждений корпусов, соединительных кабелей и разъемов

6.2. В случае несоответствия хотя бы одному из выше указанных требований, датчик считается непригодным к применению, поверка не производится до устранения выявленных замечаний.

7. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1. Все средства измерений должны быть прогреты и подготовлены к работе в соответствии со своим руководством по эксплуатации.

7.2. Проверяют условия проведения поверки на соответствие требованиям п. 2.

8. Проверка программного обеспечения средства измерений

Проводят проверку идентификационных данных программного обеспечения на соответствие таблице 3 через вкладку «О программе» в программном обеспечении.

Таблица 3 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Measuring_AT9000.dll
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 1.0.0

9. Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1. Определение уровня вибрационного шума.

Уровень вибрационного шума определяют в месте, предназначенном для установки поверяемого средства измерений в процессе эксплуатации виброустановки.

Закрепляют на виброустановке эталонный вибропреобразователь и включают виброустановку в соответствии с руководством по эксплуатации. Определение уровня вибрационного шума осуществляют по среднему квадратическому значению виброускорения, зафиксированному с помощью эталонного вибропреобразователя при включенной виброустановке, но при отсутствии сигнала возбуждения от задающего генератора виброустановки.

Виброустановка считается прошедшей поверку по данному пункту методики, если полученное значение уровня вибрационного шума в пять раз ниже минимального значения диапазона воспроизведения (измерений) параметров вибрации (виброускорения, виброскорости, виброперемещения) и не превышает $\pm 0,02$ м/с².

9.2. Определение коэффициента гармоник.

Коэффициент гармоник виброускорения (виброскорости, виброперемещения) определяют в диапазоне частот на верхних пределах диапазонов измерений. При периодической поверки допускается определять коэффициент гармоник только при воспроизведении виброускорения. Подключают к преобразователю NI-4431 измеритель нелинейных искажений.

На частотах ниже 20 Гц допускается определять коэффициент гармоник с помощью разложения записанной реализации виброускорения (виброскорости, виброперемещения) в ряд Фурье на гармонические составляющие:

$$K_{\Gamma} = \sqrt{\frac{C_2^2 + C_3^2 + \dots + C_N^2}{C_1^2}} \quad (1)$$

где $C_1, C_2, C_3, \dots, C_N$ – амплитуды 1-й, 2-й, 3-й, ..., N-й гармонической составляющих разложения записанной реализации виброускорения (виброскорости, виброперемещения) в ряд Фурье.

С помощью задающего генератора виброустановки задают частоты возбуждения, равные значениям третьоктавного ряда в рабочем диапазоне частот, и измеряют коэффициент гармоник.

Виброустановка считается прошедшей поверку по данному пункту методики, если полученные значения коэффициента гармоник не превышают $\pm 10\%$ в диапазоне частот от 5 до 5000 Гц включ. и $\pm 15\%$ в диапазоне частот св. 5000 до 10000 Гц.

9.3. Определение относительного коэффициента поперечного движения вибростола.

Для определения относительного коэффициента поперечного движения на вибростоле виброустановки закрепляют в соответствии с руководством по эксплуатации трёхкомпонентный вибропреобразователь.

Задают на виброустановке амплитуду виброускорения A_z , равную 0,3 верхнего значения рабочего диапазона амплитуд, и последовательно измеряют измеренные значения в направлении оси X и оси Y (A_x и A_y), перпендикулярным основному направлению движения вибростола виброустановки (ось Z). Измерения проводят при значениях частоты, равных значениям третьоктавного ряда в рабочем диапазоне частот. Вычисляют относительный коэффициент поперечного движения $K_{o.n.}$ по формуле:

$$K_{o.n.} = \frac{\sqrt{A_x^2 + A_y^2}}{A_z} \cdot 100 (\%) \quad (2)$$

Виброустановка считается прошедшей поверку по данному пункту методики, если полученные значения относительного коэффициента поперечного движения не превышают $\pm 10\%$ в диапазоне частот от 5 до 2000 Гц включ., $\pm 15\%$ в диапазоне частот св. 2000 до 5000 Гц включ. и $\pm 20\%$ в диапазоне частот св. 5000 до 10000 Гц.

9.4. Определение отклонения коэффициента преобразования.

Закрепляют эталонный вибропреобразователь на поверяемую виброустановку и подключают его к каналу, предназначенному для поверяемого вибропреобразователя, в соответствии с руководством по эксплуатации.

Измерения проводят на частотах третьоктавного ряда в диапазоне рабочих частот при постоянном значении виброускорения равном 10 м/с^2 .

Примечание – На частотах ниже 10 Гц, где технически невозможно получить указанное виброускорение, измерения проводят при виброускорениях, достижимых для вибровозбудителя с коэффициентом гармоник не более 10 %.

Для каждого значения частоты определяют коэффициент преобразования эталонного вибропреобразователя и отклонение по формуле:

$$\gamma = \frac{K_{\text{изм}} - K_{\text{Д}}}{K_{\text{Д}}} \cdot 100 (\%) \quad (3)$$

где $K_{\text{изм}}$ – измеренное значение коэффициента преобразования;
 $K_{\text{Д}}$ – эталонное значение коэффициента преобразования (полученное при поверке эталона).

9.5. Определение относительной погрешности измерений напряжения вторичного преобразователя.

Подключают эталонный вольтметр (мультиметр) через T-образный переходник к измерительному каналу преобразователя NI-4431 и проводят измерения напряжения переменного тока при тех же значениях, при которых определялся коэффициент преобразования по п. 4.2.4.

$$\delta_{\text{В}} = \frac{U_{\text{изм}} - U_{\text{ЭТ}}}{U_{\text{ЭТ}}} \cdot 100 (\%) \quad (4)$$

где $U_{\text{изм}}$ – измеренное преобразователем NI-4431 значение напряжения переменного тока, мВ;
 $U_{\text{ЭТ}}$ – измеренное эталонным вольтметром значение напряжения переменного тока, мВ.

9.6 Определение относительной погрешности измерений параметров вибрации.

Основную относительную погрешность измерений при доверительной вероятности 0,95 вычисляют по формуле:

$$\delta_{\text{В}} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{Г}}^2 + \delta_{\text{о.п.}}^2 + \gamma^2 + \delta_{\text{В}}^2 + \delta_{\text{Э}}^2} \quad (5)$$

где $\delta_{\text{Г}}$ – дополнительная относительная погрешность от наличия гармонических составляющих, %, определяемая по формуле:

$$\delta_{\text{Г}} = \sqrt{1 + K_{\text{Г}}^2} \cdot 100 (\%) \quad (6)$$

где $K_{\text{Г}}$ – значение коэффициента гармоник, полученное по п. 4.2.2;

$\delta_{\text{о.п.}}$ – дополнительная относительная погрешность, вызванная наличием поперечного движения вибростола, определяемая по формуле:

$$\delta_{\text{Г}} = \frac{K_{\text{о.п.}} \cdot K_{\text{П}}}{100} \quad (7)$$

где $K_{\text{о.п.}}$ – значение относительного коэффициента поперечного преобразования, %, полученное по п. 4.2.3;

$K_{\text{П}}$ – значение относительного коэффициента поперечной чувствительности вибропреобразователя из состава поверяемой виброустановки, % (для акселерометра 353В17 – 5 %);

γ – отклонение коэффициента преобразования, полученное по п. 4.2.4.

$\delta_{\text{В}}$ – погрешность измерений напряжения переменного тока, полученное по п. 4.2.5;

$\delta_{\text{Э}}$ – погрешность измерений эталона, используемого при поверке, %.

Виброустановка считается прошедшей поверку по данному пункту методики, если полученные значения относительной погрешности измерений не превышают:

в диапазоне частот от 5 до 20 Гц включ.	±4 %;
в диапазоне частот св. 20 до 2000 Гц включ.	±3 %;
в диапазоне частот св. 2000 до 5000 включ.	±4 %;
в диапазоне частот св. 5000 до 10000	±6 %.

10. Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям

Виброустановка считается пригодной к применению (соответствующим метрологическим требованиям) если она прошла поверку по каждому пункту данной методики поверки и метрологические характеристики соответствуют требованиям, указанным в Приложении А, и обязательным требованиям, предъявляемым к поверочной виброустановки 2-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2018 года № 2772 «Государственная поверочная схема для средств измерения виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения».

11. Оформление результатов поверки

11.1. Виброустановка, прошедшая поверку с положительным результатом, признается пригодной и допускается к применению. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений.

11.2. При отрицательных результатах поверки в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ на виброустановку оформляется извещение о непригодности к применению.


11.3. При проведении поверки в сокращенном объеме обязательно должен указываться объем проведенной поверки.

11.4. Результаты поверки виброустановки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник отдела 204
ФГБУ «ВНИИМС»


А.Г. Волченко

Инженер 1 категории
ФГБУ «ВНИИМС»


Н.В. Лункин

Приложение А – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон воспроизведения (измерений) амплитудного значения виброускорения, m/s^2	от 0,1 до 500
Диапазон воспроизведения (измерений) амплитудного значения виброскорости, мм/с	от 0,1 до 500
Диапазон воспроизведения (измерений) размаха виброперемещения, мм	от 0,001 до 10
Диапазон рабочих частот, Гц - в режиме измерений виброускорения - в режиме измерений виброскорости - в режиме измерений виброперемещения	от 5 до 10000 от 5 до 2000 от 5 до 1000
Относительный коэффициент поперечного движения вибростола виброустановки в диапазоне частот, %, не более от 5 до 2000 Гц включ. св. 2000 до 5000 включ. св. 5000 до 10000 включ.	10 15 20
Коэффициент гармоник в диапазоне частот, %, не более от 5 до 5000 Гц включ. св. 5000 до 10000 включ.	10 15
Доверительные границы относительной погрешности измерений виброускорения при доверительной вероятности $p = 0,95$ в поддиапазонах частот, % от 5 до 20 Гц включ. св. 20 до 2000 Гц включ. св. 2000 до 5000 Гц включ. св. 5000 до 10000 включ.	± 4 ± 3 ± 4 ± 6
Доверительные границы относительной погрешности измерений виброскорости при доверительной вероятности $p = 0,95$, %	± 4
Доверительные границы относительной погрешности измерений виброперемещения при доверительной вероятности $p = 0,95$, %	± 4
Уровень собственных шумов, m/s^2 , не более	0,02