

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 «Briel & Kjaer», Дания;
- усилителя мощности 2707 производства «Briel & 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 выполняют 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 $\pm 1$ °С;<br>Средства измерений относительной влажности от 10 % до 95 %, с погрешностью не более $\pm 3$ %;<br>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 <sup>2</sup> в диапазоне частот от 5 до 10000 Гц                                                                    | Акселерометр пьезоэлектрический 353B04 (рег. № 76591-19)    |
| 9.2                  | Измеритель нелинейных искажений, пределы относительной погрешности $\pm 10$ %                                                                                                                                                                                          | Измеритель нелинейных искажений АКИП-4501 (рег. № 68366-17) |
| 9.3                  | Трёхкомпонентный вибропреобразователь, пределы относительной погрешности в рабочем диапазоне частот $\pm 10$ %                                                                                                                                                         | Акселерометр пьезоэлектрический 356B11 (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 <sup>2</sup> в диапазоне частот от 5 до 10000 Гц                                                                    | Акселерометр пьезоэлектрический 353B04 (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  $\pm 0,02 \text{ м/с}^2$ .

### 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:

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

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 вибростол.

Для определения относительного коэффициента поперечного движения на вибростол 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  $10 \text{ м/с}^2$ .

*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 Т-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 %);

$\gamma$  – 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, $\text{м/с}^2$                                                                                                                                                                 | от 0,1 до 500                                 |
| Диапазон воспроизведения (измерений) амплитудного значения виброскорости, $\text{мм/с}$                                                                                                                                                                   | от 0,1 до 500                                 |
| Диапазон воспроизведения (измерений) размаха виброперемещения, $\text{мм}$                                                                                                                                                                                | от 0,001 до 10                                |
| Диапазон рабочих частот, Гц<br>- в режиме измерений виброускорения<br>- в режиме измерений виброскорости<br>- в режиме измерений виброперемещения                                                                                                         | от 5 до 10000<br>от 5 до 2000<br>от 5 до 1000 |
| Относительный коэффициент поперечного движения вибростола виброустановки в диапазоне частот, %, не более<br>от 5 до 2000 Гц включ.<br>св. 2000 до 5000 включ.<br>св. 5000 до 10000 включ.                                                                 | 10<br>15<br>20                                |
| Коэффициент гармоник в диапазоне частот, %, не более<br>от 5 до 5000 Гц включ.<br>св. 5000 до 10000 включ.                                                                                                                                                | 10<br>15                                      |
| Доверительные границы относительной погрешности измерений виброускорения при доверительной вероятности $p = 0,95$ в поддиапазонах частот, %<br>от 5 до 20 Гц включ.<br>св. 20 до 2000 Гц включ.<br>св. 2000 до 5000 Гц включ.<br>св. 5000 до 10000 включ. | $\pm 4$<br>$\pm 3$<br>$\pm 4$<br>$\pm 6$      |
| Доверительные границы относительной погрешности измерений виброскорости при доверительной вероятности $p = 0,95$ , %                                                                                                                                      | $\pm 4$                                       |
| Доверительные границы относительной погрешности измерений виброперемещения при доверительной вероятности $p = 0,95$ , %                                                                                                                                   | $\pm 4$                                       |
| Уровень собственных шумов, $\text{м/с}^2$ , не более                                                                                                                                                                                                      | 0,02                                          |