

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

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора по
производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»



_____ А.Е. Коломин

«27» 11 _____ 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
ВИБРОУСТАНОВКА ПОВЕРОЧНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ АТ-9000-GT
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 204/3-35-2023

г. Москва
2023 г.

1. Общие положения

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

Настоящая методика поверки применяется для поверки виброустановки поверочной лабораторной АТ-9000-ГТ, используемой в качестве поверочной виброустановки 1-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2018 года № 2772 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерения виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения».

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод сличения. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в Приложении А.

При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемого средства измерений к ГЭТ 58-2018 «Государственный первичный эталон единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела».

Акселерометр 393В04 из состава поверяемой виброустановки должен быть поверен в качестве рабочего эталона 1-го разряда.

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.

2. Перечень операций поверки средства измерений.

2.1 При проведении первичной и периодической поверок виброустановки поверочной лабораторной АТ-9000-GT выполняются операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

| Наименование операции | Номер пункта | Проведение операции при поверке | |
|---|--------------|---------------------------------|---------------|
| | | первичной | периодической |
| 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 |
| Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям | 10 | да | да |
| Определение уровня вибрационного шума | 10.1 | да | да |
| Определение коэффициента гармоник | 10.2 | да | да |
| Определение относительного коэффициента поперечного движения вибростола | 10.3 | да | да |
| Определение отклонения коэффициента преобразования | 10.4 | да | да |
| Определение относительной погрешности измерений напряжения вторичного преобразователя | 10.5 | да | да |
| Определение относительной погрешности измерений параметров вибрации | 10.6 | да | да |
| Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям | 10.7 | да | да |

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

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха: (20 ± 5) °С
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт.ст.).

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

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

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1. 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 лабораторная АТ-9000-GT и данной методикой поверки.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки.

5.1. 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 |
|----------------------|--|---|
| 8.2 | 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, ПП $\pm 0,5$ кПа | Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13 |
| 10.1 | Вторичный эталон в соответствии с приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г. в диапазоне значений виброускорения от 0,001 до 1000 м/с ² в диапазоне частот от 0,1 до 20000 Гц | Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155 (рег. № 68875-17) |
| 10.2 | Измеритель нелинейных искажений, пределы относительной погрешности не более ± 10 % | Измеритель нелинейных искажений АКИП-4501 (рег. № 68366-17) |
| 10.3 | Трёхкомпонентный вибропреобразователь, пределы относительной погрешности в рабочем диапазоне частот не более ± 10 % | Акселерометр пьезоэлектрический 356B11 (рег. № 76591-19) |
| 10.4 | Вторичный эталон в соответствии с приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г. в диапазоне значений виброускорения от 0,001 до 1000 м/с ² в диапазоне частот от 0,1 до 20000 Гц | Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155 (рег. № 68875-17) |
| 10.5 | Средство измерений напряжения переменного тока с диапазоном измерений напряжения переменного напряжения от 1 мВ до 10 В в диапазоне частот от 1 до 20000 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.

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

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

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

7. Внешний осмотр средства измерений

7.1. 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.

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

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

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

8.2. Проверяют условия проведения поверки на соответствие требованиям п. 3.

8.3. Проверяют наличие действующего свидетельства о поверке в качестве эталона 1-го разряда на акселерометр 393B04.

9. 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 | 1.0.0 |

10. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям

10.1. Определение уровня вибрационного шума.

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

Закрепляют на виброустановке эталонный акселерометр и включают виброустановку в соответствии с руководством по эксплуатации. Определение уровня вибрационного шума осуществляют по среднему квадратическому значению виброускорения, зафиксированному с помощью эталонного акселерометра 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 не превышает $\pm 0,01 \text{ м/с}^2$.

10.2. Определение коэффициента гармоник.

Коэффициент гармоник виброускорения (виброскорости, виброперемещения) определяют в диапазоне частот на верхних пределах диапазонов измерений. При периодической поверке 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 значений, указанных в приложении А.

10.3. Определение относительного коэффициента поперечного движения вибростола.

Для определения относительного коэффициента поперечного движения на вибростоле виброустановки закрепляют в соответствии с руководством по эксплуатации трёхкомпонентный вибропреобразователь. Измерения проводят с каждым адаптером поочередно.

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 частот, 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 значений, указанных в приложении А.

10.4. 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 отклонение коэффициента преобразования эталонного вибропреобразователя 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.

Измерения по данному пункту методики поверки проводят в каждой вариации состава измерительного канала (с эталонными акселерометрами и с лазерным виброметром) и с каждым адаптером в диапазонах измерений в соответствии с эксплуатационной документацией.

10.5. 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. 10.4.

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

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

10.6 Определение относительной погрешности измерений параметров вибрации.

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

$$\delta_{\text{в}} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{г}}^2 + \delta_{\text{о.п.}}^2 + \gamma^2 + \delta_{\text{в}}^2 + \delta_{\text{з}}^2} \quad (5)$$

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. 10.2;

$\delta_{\text{о.п.}}$ – 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. 10.3;

$K_{\text{п}}$ – значение относительного коэффициента поперечной чувствительности вибропреобразователя из состава поверяемой виброустановки, %;

γ – максимальное значение отклонения коэффициента преобразования для каждой частоты, полученное по п. 10.4.

δ_3 – погрешность измерений напряжения переменного тока, полученное по п. 10.5;

δ_3 – погрешность измерений эталона, используемого при поверке, %.

Виброустановка считается прошедшей поверку по данному пункту методики, если полученные значения относительной погрешности измерений не превышают значений, указанных в приложении А.

10.7. 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 метрологическим требованиям, указанным в Приложении А, и обязательным требованиям, предъявляемым к поверочной виброустановки 1-го разряда в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2018 года № 2772 «Об утверждении государственной поверочной схемы 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.

Врио начальника отдела 204
ФГБУ «ВНИИМС»



Н.В. Лункин

Приложение А – Метрологические характеристики

Таблица А1 – Метрологические характеристики виброустановки поверочной лабораторной АТ-9000-ГТ с вибростендом 396С11

| Наименование характеристик | Значение |
|--|--|
| <p>Диапазон воспроизведения и измерений среднеквадратического значения виброускорения, м/с²</p> <p>- при номинальной нагрузке на усилителе мощности</p> <p>- при максимальной нагрузке на усилителе мощности</p> | <p>от 0,1 до 300</p> <p>от 0,1 до 500</p> |
| <p>Диапазон воспроизведения и измерений среднеквадратического значения виброскорости, мм/с</p> <p>- при номинальной нагрузке на усилителе мощности</p> <p>- при максимальной нагрузке на усилителе мощности</p> | <p>от 0,1 до 380</p> <p>от 0,1 до 780</p> |
| <p>Диапазон воспроизведения и измерений размаха виброперемещения, мм</p> | от 0,001 до 10 |
| <p>Диапазоны рабочих частот воспроизведения и измерений, Гц:</p> <p>- виброускорения</p> <p>- виброскорости</p> <p>- виброперемещения</p> | <p>от 5 до 20000</p> <p>от 5 до 5000</p> <p>от 5 до 1500</p> |
| <p>Доверительные границы относительной погрешности измерений виброускорения при доверительной вероятности $P = 0,95$, %, в диапазонах частот:</p> <p>от 5 Гц до 20 Гц включ.</p> <p>св. 20 Гц до 5000 Гц включ.</p> <p>св. 5000 Гц до 10000 Гц включ.</p> <p>св. 10000 Гц до 20000 Гц</p> | <p>±2</p> <p>±1,5</p> <p>±2,5</p> <p>±4</p> |
| <p>Доверительные границы относительной погрешности измерений виброскорости и виброперемещения в диапазоне рабочих частот при доверительной вероятности $P = 0,95$, %</p> | ±2 |
| <p>Опорные частоты, Гц</p> | 100, 160 |
| <p>Доверительные границы относительной погрешности измерений виброускорения, виброскорости и виброперемещения при доверительной вероятности $P = 0,95$ на опорных частотах, %</p> | ±0,5 |
| <p>Коэффициент гармоник в диапазоне частот, %, не более:</p> <p>от 5 до 20 Гц включ.</p> <p>от 20 до 20000 Гц включ.</p> | <p>7</p> <p>5</p> |
| <p>Относительный коэффициент поперечного движения вибростенда в диапазоне частот, %, не более</p> <p>от 5 до 20 Гц включ.</p> <p>св. 20 до 800 Гц включ.</p> <p>св. 800 до 5000 Гц включ.</p> <p>св. 5000 до 10000 Гц включ.</p> <p>св. 10000 до 15000 Гц включ.</p> <p>св. 15000 Гц до 20000 Гц</p> | <p>10</p> <p>5</p> <p>7</p> <p>10</p> <p>15</p> <p>20</p> |
| <p>Уровень вибрационного шума на вибростенда, м/с², не более</p> | 0,03 |

Таблица А2 – Метрологические характеристики виброустановки поверочной лабораторной АТ-9000-ГТ с вибростендом APS 113

| Наименование характеристик | Значение |
|---|--|
| Диапазон воспроизведения и измерений среднеквадратического значения виброускорения, m/s^2 | от 0,01 до 10 |
| Диапазон воспроизведения и измерений среднеквадратического значения виброскорости, мм/с | от 0,01 до 20 |
| Диапазон воспроизведения и измерений размаха виброперемещения, мм | от 0,01 до 158 |
| Диапазоны рабочих частот воспроизведения и измерений, Гц: - виброускорения - виброскорости - виброперемещения | от 0,1 до 20 от 0,5 до 20 от 0,8 до 20 |
| Доверительные границы относительной погрешности измерений виброускорения при доверительной вероятности $P = 0,95$, %, в диапазонах частот: от 0,1 Гц до 0,5 Гц включ. св. 0,5 Гц до 20 Гц включ. | ± 5 ± 3 |
| Доверительные границы относительной погрешности измерений виброскорости в диапазоне рабочих частот при доверительной вероятности $P = 0,95$, % | ± 3 |
| Доверительные границы относительной погрешности измерений виброперемещения в диапазоне рабочих частот при доверительной вероятности $P = 0,95$, % | ± 3 |
| Опорные частоты, Гц | 10 |
| Доверительные границы относительной погрешности измерений виброускорения, виброскорости и виброперемещения при доверительной вероятности $P = 0,95$ на опорных частотах, % | $\pm 0,8$ |
| Коэффициент гармоник, %, не более | 10 |
| Относительный коэффициент поперечного движения вибростенда, %, не более | 10 |
| Уровень вибрационного шума на вибростенде, m/s^2 , не более | 0,03 |