

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

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
ФГБУ «ВНИИМС»



Ф.В. Булыгин

М.П.

06

2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ВИБРОУСТАНОВКА ПОВЕРОЧНАЯ АТ-9000-Т600

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 204/3-14-2023

г. Москва
2023 г.

1. Общие положения

Настоящая методика распространяется на виброустановку поверочную АТ-9000-Т600 (далее - виброустановка), изготовленную ООО «Альфатех» и устанавливает методику первичной и периодической поверок.

Настоящая методика поверки применяется для поверки виброустановки поверочной АТ-9000-Т600, 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».

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».

Акселерометры АР2006-500 и акселерометры пьезоэлектрические 353В17, 353В03 из состава поверяемой виброустановки должны быть поверены в качестве рабочих эталонов 1-го разряда.

Методика поверки позволяет проводить поверку виброустановки поверочной АТ-9000-Т600, 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 «Государственная поверочная схема для средств измерения виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения» при условии соответствия полученных метрологических характеристик обязательным метрологическим требованиям, предъявляемым к поверочной установке 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 АТ-9000-Т600 выполняют 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: $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт.ст.).

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 АТ-9000-Т600 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, ПГ $\pm 0,5$ кПа	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
10.1	Рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г. в диапазоне значений виброускорения от 0,1 до 1000 м/с ² в диапазоне частот от 1 до 2000 Гц	Акселерометр пьезоэлектрический 353B04 (рег. № 76591-19)
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 0,1 до 1000 м/с ² в диапазоне частот от 1 до 2000 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 2000 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 действующих свидетельств о поверке в качестве эталона 1-го разряда на акселерометры AP2006-500 и акселерометры пьезоэлектрические 353B17 и 353B03.

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 $\pm 0,25 \text{ м/с}^2$.

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 $K_{o.п.}$ по формуле:

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

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_p – значение относительного коэффициента поперечной чувствительности вибропреобразователя из состава поверяемой виброустановки, % (для акселерометров 353B17, 353B03 и AP2006-500 – 5 %);

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

δ_2 – 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:

в диапазоне частот от 1 до 2 Гц включ.	± 3 %;
св. 2 до 20 Гц включ.	± 2 %;
св. 20 до 2000 Гц	± 3 %;
на частоте 2000 Гц	± 5 %.

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 требованиям, указанным в Приложении А, и обязательным требованиям, предъявляемым к поверочной виброустановке 2-го или 1-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
<p>Диапазон воспроизведения (измерений) амплитудного значения виброускорения, м/с^2</p> <p>- с адаптером для работы при комнатной температуре</p> <p>- с термоизолирующим адаптером для работы при температуре до $+600\text{ }^\circ\text{C}$</p>	<p>от 1 до 670</p> <p>от 1 до 130</p>
<p>Диапазон воспроизведения (измерений) амплитудного значения виброскорости, мм/с</p> <p>- с адаптером для работы при комнатной температуре</p> <p>- с термоизолирующим адаптером для работы при температуре до $+600\text{ }^\circ\text{C}$</p>	<p>от 1 до 1600</p> <p>от 1 до 1300</p>
<p>Диапазон воспроизведения (измерений) размаха виброперемещения, мм</p> <p>- с адаптером для работы при комнатной температуре</p> <p>- с термоизолирующим адаптером для работы при температуре до $+600\text{ }^\circ\text{C}$</p>	<p>от 0,01 до 40</p> <p>от 0,01 до 30</p>
<p>Диапазон рабочих частот, Гц</p> <p>- с адаптером для работы при комнатной температуре</p> <p>- с термоизолирующим адаптером для работы при температуре до $+600\text{ }^\circ\text{C}$</p>	<p>от 1* до 2000</p> <p>от 1* до 500</p>
Резонансная частота вибростенда, Гц, не менее	2000
<p>Относительный коэффициент поперечного движения вибростола виброустановки с адаптером для работы при комнатной температуре в диапазоне частот, %, не более</p> <p>от 1 до 20 Гц включ.</p> <p>св. 20 до 800 Гц включ.</p> <p>св. 800 до 2000 Гц</p> <p>на частоте 2000 Гц</p>	<p>10</p> <p>5</p> <p>7</p> <p>20</p>
<p>Относительный коэффициент поперечного движения вибростола виброустановки с термоизолирующим адаптером в диапазоне частот, %, не более</p> <p>от 1 до 20 Гц включ.</p> <p>св. 20 до 500 Гц включ.</p>	<p>10</p> <p>7</p>
<p>Коэффициент гармоник в диапазоне частот, %, не более</p> <p>от 1 до 5 Гц включ.</p> <p>св. 5 до 2000 Гц включ.</p>	<p>10</p> <p>5</p>
<p>Доверительные границы относительной погрешности измерений виброускорения, виброскорости и виброперемещения при доверительной вероятности $p = 0,95$ в поддиапазонах частот, %</p> <p>от 1 до 2 Гц включ.</p> <p>св. 2 до 20 Гц включ.</p> <p>св. 20 до 2000 Гц</p> <p>на частоте 2000 Гц</p>	<p>± 3</p> <p>± 2</p> <p>± 3</p> <p>± 5</p>
Уровень собственных шумов, м/с^2 , не более	0,25
<p>Примечание:</p> <p>* Нижний предел рабочих частот достигается при условии подключения поверяемого средства измерений к входу преобразователя NI-4431 с использованием узкополосного фильтра частот</p>	