

Общество с ограниченной ответственностью «Виброприбор»

СОГЛАСОВАНО

Директор

ООО «Виброприбор»



А.В. Подплетнев

«29» 07 2021 г.

СОГЛАСОВАНО

И.о. генерального директора

ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»



А. Н. Пронин

«29» 07 2021 г.

Вибропреобразователи ВТ-00Х

Методика поверки

ВТ.08.00.000 МП

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

Козляковский А.А.
«29» 07 2021 г.

г. Ярославль

2021г.

1. Общие положения

Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на вибропреобразователи ВТ-00Х (далее – вибропреобразователи), изготавливаемые ООО «Виброприбор», и устанавливает методику их первичной и периодической поверок. Первичная поверка проводится при вводе в эксплуатацию.

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».

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки:

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

Методика поверки не допускает возможность проведения поверки вибропреобразователей для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

2. Перечень операций поверки средства измерений (далее – поверка)

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1.

№ п/п	Наименование операции	Номера пунктов МП	Обязательность выполнения при	
			первичной поверке	периоди- ческой поверке
1	Внешний осмотр	6	Да	Да
2	Опробование	7.2	Да	Да
3	Определение действительного значения коэффициента преобразования. Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального	8.1	Да	Да
4	Определение относительного коэффициента поперечного преобразования	8.2	Да	Нет
5	Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	8.3	Да	Да
6	Определение нелинейности амплитудной характеристики	8.4	Да	Да
7	Определение частоты установочного резонанса	8.5	Да	Нет
8	Определение основной относительной погрешности	8.6	Да	Да

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от +18 до +25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 105,7 кПа;

4. Метрологические и технические требования к средствам поверки

Метрологические и технические характеристики средств поверки должны соответствовать таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта МП	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
6	–
7.2	Вольтметр универсальный цифровой В7–40, погрешность измерения $0,2 \cdot U_{\text{изм}}/U_{\text{к}}\%$, (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 9985-85)
8.1	Рабочий эталон второго разряда единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г.
8.2	Рабочий эталон второго разряда единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г.
8.3	Рабочий эталон второго разряда единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г.
8.4	Рабочий эталон второго разряда единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г.
8.5	Рабочий эталон второго разряда единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018, или стальной кубик массой 180-220 г с пьезоэлектрическим вибратором и низкочастотным измерительным генератором по ГОСТ 9486, или установка типа «падающий шар» со спектроанализатором
8.6	–

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

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

5. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие требования безопасности:

- необходимо внимательно ознакомиться с руководством по эксплуатации ВТ.08.00.000 РЭ и настоящей методикой;
- при работе со средствами измерений необходимо руководствоваться паспортом на конкретное средство измерения;
- средства поверки, а также вспомогательное оборудование должны иметь защитные заземления.

6. Внешний осмотр средства измерений

6.1 Внешним осмотром убедитесь в отсутствии:

- обрывов и повреждений соединительных проводов и соединителей (разъемов);
- механических повреждений вибропреобразователя.

6.2 В случае несоответствия вибропреобразователя хотя бы одному из вышеуказанных требований поверку не проводят до устранения выявленных дефектов. Если дефекты устранить невозможно, вибропреобразователь бракуют.

7. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- вибропреобразователи должны быть сняты со штатных мест крепления и отключены от контрольно-измерительных приборов;
- вибропреобразователи должны быть перенесены в помещение, предназначенное для поверки, и выдержаны, при нахождении до этого в условиях, отличных от нормальных, в течение 4 ч.

7.2 Опробование

7.2.1 Приборы, оборудование и вибропреобразователь соединить в соответствии с рисунком 1.

Убедиться в увеличении показаний прибора 3 при легком постукивании по вибропреобразователю.

Определить значение начального рабочего напряжения, для этого:

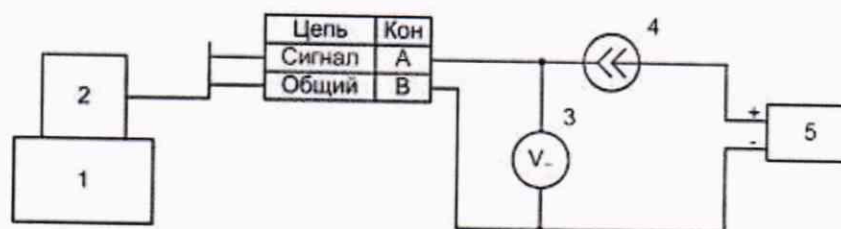
Установить значение выходного тока токового диода 4 равным 2 мА.

Вольтметром 3 определить и зафиксировать значение напряжения постоянного тока на выходе вибропреобразователя (контакты А-В).

Установить значение выходного тока токового диода 4 равным 20 мА.

Вольтметром 3 определить и зафиксировать значение напряжения постоянного тока на выходе вибропреобразователя (контакты А-В).

7.2.2 Результаты опробования считаются удовлетворительными, если выходное напряжение постоянного тока (начальное рабочее напряжение) вибропреобразователя должно соответствовать 1.2.11 Руководства по эксплуатации ВТ.08.00.000 РЭ и должно быть в пределах от 10,5 до 13,5 В.



1 – эталонное средство;

2 – вибропреобразователь;

3 – вольтметр универсальный цифровой В7-40;

4 – источник регулируемого постоянного тока (далее – токовый диод);

5 – источник постоянного тока напряжением 24В (Б5-7);

Рисунок 1

8. Определение метрологических характеристик средства измерений

8.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования.

Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального

8.1.1 Вибропреобразователь установить на рабочей поверхности эталонного средства таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности совпадало с направлением колебаний рабочей поверхности эталонного средства.

Закрепить вибропреобразователь в соответствии с ВТ.08.00.000 РЭ.

8.1.2 Установить значение выходного тока токового диода 4 равным 4 мА.

8.1.3 Задать эталонным средством вибрацию виброускорением 10 м/с^2 , частотой 160 Гц (базовая частота).

8.1.4 Вольтметром 3 определить и зафиксировать значение напряжения постоянного тока на выходе вибропреобразователя.

8.1.5 Определить действительное значение коэффициента преобразования по формуле:

$$K_d = U_3 / a_d, \text{ мВ} \cdot \text{м/с}^2 \quad (1)$$

где U_3 – показание вольтметра 3, мВ;

a_d – виброускорение, заданное эталонным средством, м/с^2 .

Проводить не менее 3 измерений, после чего рассчитать среднее арифметическое значение коэффициента преобразования по формуле (2):

$$K_{d\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{di}}{n}, \quad (2)$$

где n – число измерений, $n \geq 3$;

K_{di} – i -е измерение действительного значения коэффициента преобразования.

8.1.6 Относительное отклонение действительного значения коэффициента преобразования определить по формуле (3):

$$\delta K_d = \frac{K_d - K_n}{K_n} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где K_n – номинальное значение коэффициента преобразования, $\text{мВ} \cdot \text{м/с}^2$.

8.1.7 Результаты поверки считают удовлетворительными, если относительное отклонение действительного значения коэффициента преобразования соответствует 1.2.3 Руководства по эксплуатации ВТ.08.00.000 РЭ и должно быть в пределах $\pm 10\%$.

8.2 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования

8.2.1 Вибропреобразователь установить на рабочей поверхности эталонного средства с помощью специального устройства таким образом, чтобы главная ось его чувствительности была перпендикулярна к направлению колебаний.

Специальное устройство должно обеспечивать поворот вибропреобразователя вокруг его оси чувствительности на 360° с интервалом 30° .

8.2.2 Эталонным средством задавать вибрацию виброускорением 50 м/с^2 , частотой 160 Гц.

8.2.3 Считывать показания вольтметра 3 для каждого положения вибропреобразователя, соответствующего повороту вокруг оси чувствительности от 0 до 360° . Выполнить дважды.

Вычислить среднее арифметическое значение показаний вольтметра 2 по формуле (4):

$$U_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (U_1 + U_2), \text{ мВ} \quad (4)$$

где U_1, U_2 – показание вольтметра 3 при первом и втором измерении, соответственно.

Относительный коэффициент поперечного преобразования для каждого положения и относительный коэффициент поперечного преобразования, соответственно, вычислить по формуле (5):

$$K_{\text{опi}} = (U_{\text{ср}} / (a_d \cdot K_d)) \cdot 100, \quad (5)$$

$$K_{оп} = (K_{оп})_{max},$$

где K_d – действительное значение коэффициента преобразования вибропреобразователя, $mB \cdot m/c^2$.

8.2.4 Результаты поверки считают удовлетворительными, если максимальное значение относительного коэффициента поперечного преобразования соответствует 1.2.9 Руководства по эксплуатации ВТ.08.00.000 РЭ и не должно быть более 5%.

8.3 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики

8.3.1 Эталонным средством задавать вибрацию виброускорением $10 m/c^2$, частотами для:

– ВТ–002, ВТ–003 – 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000; 12500; 15000 Гц;

– ВТ–005 – 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000 Гц.

8.3.2 Устанавливать вибропреобразователь на эталонном средстве в соответствии с 9.3.1

Отсчитывать по вольтметру 3 значения напряжения U_f для каждого значения частоты вибрации, определить значение коэффициента преобразования для каждого значения частоты заданной вибрации K_{df} , в соответствии с формулой (1).

8.3.3 Вычислить относительную неравномерность амплитудно-частотной характеристики по формулам (6), (7) и (8):

$$\gamma_f = ((K_{df} - K_d) / K_d) \cdot 100, \% \quad (6)$$

$$L\gamma_f = 20 \cdot \lg(K_{df}/K_d), \text{ дБ} \quad (7)$$

$$\gamma = |\gamma_f|_{max}, \quad (8)$$

$$L\gamma = |L\gamma_f|_{max}, \text{ дБ.}$$

8.3.4 Результаты поверки считают удовлетворительными, если максимальное значение относительной неравномерности амплитудно-частотной характеристики соответствует 1.2.5,

1.2.6 Руководства по эксплуатации ВТ.08.00.000 РЭ и не должно быть более $\pm 10 \%$ для:

– ВТ–002, ВТ–003 – от 0,7 до 10000 Гц;

– ВТ–005 – от 0,2 до 5000 Гц.

Не должно быть более ± 3 дБ для:

– ВТ–002, ВТ–003 – от 0,4 до 15000 Гц;

– ВТ–005 – от 0,1 до 10000 Гц.

8.4 Определение нелинейности амплитудной характеристики

8.4.1 Нелинейность амплитудной характеристики определять на частоте 160 Гц, при значениях виброускорения для:

– ВТ–002, ВТ–003 – 0,1; 1,0; 10; 100; 784 м/с²;

– ВТ–005 – 0,1; 1,0; 3,0; 10; 30; 98 м/с².

Нелинейность амплитудной характеристики определяют не менее чем при пяти значениях виброускорения, одно из которых должно быть минимальным, другое максимально возможным в зависимости от амплитудных возможностей вибростенда, но не менее 100 м/с².

Отсчитывать по вольтметру 3 значения напряжения U_i для каждого значения виброускорения, определить значение коэффициента преобразования для каждого значения заданной вибрации $K_{дi}$, в соответствии с формулой (1).

8.4.2 Для каждого значения задаваемого виброускорения определить относительное отклонение коэффициента преобразования и нелинейность амплитудной характеристики по формулам (9) и (10):

$$\delta_i = ((K_{дi} - K_{д}) / K_{д}) \cdot 100, \% \quad (9)$$

$$\delta_a = |\delta_i|_{\max}. \quad (10)$$

8.4.3 Результаты поверки считают удовлетворительными, если максимальное значение относительной нелинейности амплитудной характеристики соответствует 1.2.4 Руководства по эксплуатации ВТ.08.00.000 РЭ и не должно быть более $\pm 1 \%$.

8.5 Определение частоты установочного резонанса

8.5.1 Для определения значения частоты установочного резонанса вибропреобразователя в ударном режиме применяют устройство, обеспечивающее возбуждение пьезоэлектрического вибропреобразователя механическим ударом с помощью стального падающего шарика. Форма возбуждающего импульса близка к δ -импульсу. Схема устройства типа «падающий шар» для определения установочного резонанса вибропреобразователя приведена на рисунке 2.

8.5.2 Устройство для определения значения частоты установочного резонанса вибропреобразователя состоит из стойки с кронштейнами, в которые устанавливаются направляющая трубка и через виброгасящую прокладку (например, поролоновую) рабочее тело. Рабочее тело представляет собой стальную сферу с лыской твердостью HRC не менее 50. Лыска рабочего тела служит для установки поверяемого вибропреобразователя способом, применяемым при его эксплуатации (например, резьбовое соединение, клеевое и т.д.). Направляющую трубку устанавливают таким образом, чтобы ее выходное отверстие (диаметром не более 5 мм) находилось над центром рабочего тела на расстоянии от 3 до 5 мм. Поверяемый вибропреобразователь через согласующий усилитель подключают к регистрирующему

устройству. В качестве регистрирующего устройства может применяться спектроанализатор или персональный компьютер с аналого-цифровым преобразователем и соответствующим программным обеспечением. В качестве падающего шарика применяют стальные шарики, твердость которых HRC не менее 50.

8.5.3 Закрепить на лыске рабочего тела поверяемый вибропреобразователь. Рабочее тело с закрепленным вибропреобразователем и направляющую трубку установить в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 2. Поверяемый вибропреобразователь через согласующий усилитель подключить к регистрирующему устройству. Приборы включить и прогреть в соответствии с Руководством по эксплуатации на них.

8.5.4 В верхнее отверстие направляющей трубки опустить стальной шарик, возбуждающий при соударении с рабочим телом поверяемый вибропреобразователь. Выходной сигнал поверяемого вибропреобразователя фиксировать (запоминать) в регистрирующем устройстве, преобразовать в цифровую форму и с помощью преобразования Фурье получить амплитудную и фазовые спектральные характеристики, по которым определить максимальное пиковое значение частоты, при котором сдвиг фазы на характеристике приблизительно равен 90^0 .

Процесс определения максимального пикового значения частоты повторить не менее трех раз. Максимальные пиковые значения частот не должны отличаться друг от друга в проводимых экспериментах более, чем на 5 %.

8.5.5 В качестве значения частоты установочного резонанса принимается среднее арифметическое максимальных пиковых значений частот, определенных по п. 9.5.4.

8.5.6 Результаты поверки считают удовлетворительными, если значение частоты установочного резонанса не менее для:

- ВТ-002, ВТ-003 – 26 кГц;
- ВТ-005 – 16 кГц.

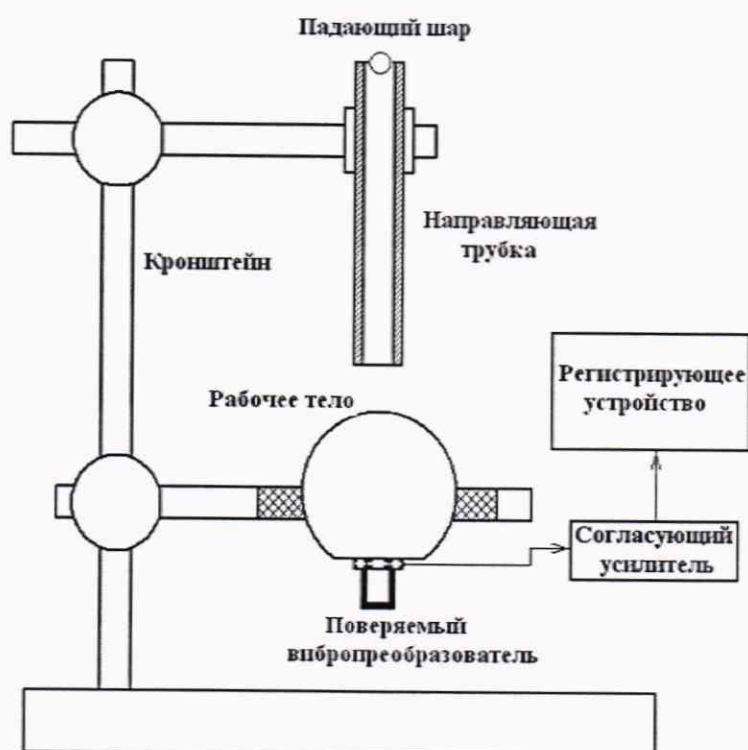


Рисунок 2

8.6 Определение основной относительной погрешности

8.6.1 Границы основной относительной погрешности на базовой частоте при доверительной вероятности 0,95 определяют по формуле (11):

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \Delta_I^2 + \delta_a^2 + \Delta_{EA}^2 + \Delta_A^2}, \quad (11)$$

где δ_0 – погрешность эталонного средства на базовой частоте, %;

$\Delta_I = \frac{K_{IAN} \cdot K_{II}}{100}$, – погрешность, вызванная наличием поперечного движения рабочего тела

эталонного средства на базовой частоте, %;

K_{IAN} – коэффициент, характеризующий поперечное движение рабочего тела эталонного средства на базовой частоте, %;

K_{II} – относительный коэффициент поперечного преобразования вибропреобразователя, %;

δ_a – максимальное значение нелинейности амплитудной характеристики преобразования вибропреобразователя, %;

$\Delta_{EA} = \left(\sqrt{1 + \left(\frac{K_A}{100} \right)^2} - 1 \right) \cdot 100$ – погрешность, вызванная наличием высших

гармонических составляющих в движении рабочего тела эталонного средства, %;

K_A – коэффициент гармоник движения рабочего тела эталонного средства на базовой частоте, %;

Δ_A – погрешность средства измерения электрического сигнала, %.

8.6.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если основная относительная погрешность преобразования на базовой частоте соответствует 1.2.8 Руководства по эксплуатации ВТ.08.00.000 РЭ и не должна превышать значения ± 5 %.

9. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Проводится определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования вибропреобразователя от номинального значения, выраженного в процентах. Полученные значения отклонения действительного значения коэффициента преобразования вибропреобразователя от номинального значения не должны превышать значения ± 10 %.

9.2 Проводится определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики вибропреобразователя, выраженного в процентах. Полученные значения неравномерности амплитудно-частотной характеристики не должны превышать значений, указанных в п. 9.4.4.

9.3 Проводится определение нелинейности амплитудной характеристики вибропреобразователя, выраженного в процентах. Полученные значения нелинейности амплитудной характеристики не должны превышать значения 1 %.

9.4 Проводится определение основной относительной погрешности на базовой частоте 160 Гц вибропреобразователя, выраженного в процентах. Полученные значения основной относительной погрешности не должны превышать значения ± 5 %.

9.5 Вибропреобразователь соответствует метрологическим требованиям, если выполняются требования п.п. 9.1-9.4 настоящей методики.

10. Оформление результатов поверки

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

Нанесение знака поверки на вибропреобразователь не предусмотрено.

10.2 Результаты поверки вибропреобразователя передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (ФГИС «Аршин»). По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений.

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