

СОГЛАСОВАНО
Заместитель руководителя ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»



В.А. Лапшинов

«27» сентября 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Вибропреобразователи ускорения ВПр.2.000

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-353/09-2021

г. Чехов
2021 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на вибропреобразователи ускорения ВПр.2.000 (далее по тексту – преобразователи), производства Акционерным обществом «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники им. Н.А. Доллежала» (АО «НИКИЭТ»), и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

1.2 Преобразователи обеспечивают прослеживаемость к ГЭТ58-2018 «ГПСЭ единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела» в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2018 г. № 2772 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения» методом прямых измерений.

2 Операции поверки

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

Таблица 1 - Операции поверки.

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7	Да	Да
2 Опробование	8	Да	Да
3 Определение метрологических характеристик:	9		
3.1 Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 160 Гц	9.1	Да	Да
3.2 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики коэффициента преобразования относительно базовой частоты 160 Гц	9.2	Да	Да
3.3 Определение нелинейности амплитудной характеристики.	9.3	Да	Нет
3.4 Определение коэффициента поперечного преобразования	9.4	Да	Нет
3.5 Определение относительной погрешности измерений виброускорения	9.5	Да	Да
4 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да
5 Оформление результатов поверки	11	Да	Да

2.2 Если при проведении той или иной операции получен отрицательный результат, дальнейшую поверку приостанавливают до устранения недостатков, выявленных при проведении поверки.

2.3 После устранения недостатков, вызвавших отрицательный результат, Преобразователь вновь предоставляют на поверку.

2.4 При невозможности устранения недостатков, Преобразователь признают непригодным к применению и эксплуатации по назначению. Оформляют извещение о непригодности Преобразователя в соответствии с Порядком проведения поверки, установленным нормативно-правовыми актами в области обеспечения единства измерений

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие нормальные условия измерений:

- температура окружающей среды, °С от +18 до +25
- относительная влажность окружающей среды, % от 45 до 80
- атмосферное давление, кПа от 87,3 до 106,0

3.2 Отсутствие механической вибрации, тряски и ударов, влияющих на работу преобразователя. Напряжение питания поверяемого Преобразователя должно соответствовать требованиям, установленным в эксплуатационной документации фирмы изготовителя.

4 Требования к специалистам

4.1 К проведению поверки допускается персонал, изучивший эксплуатационную документацию на поверяемый Преобразователь и средства измерений, участвующих при проведении поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Сведения о средствах поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Пример возможного средства поверки с указанием наименования, заводского обозначения, а при наличии – обозначения типа, модификации
1	2	3
	Основные средства поверки	
8; 9	Средство воспроизведений виброускорения в диапазоне значений от 0,3 до 300 м/с ² , в диапазоне частот от 2 до 3500 Гц, пределы допускаемой относительной погрешности $\pm(1,5\div 3)$ %	Виброустановка поверочная DVC-500, (регистрационный номер № 58770-14 в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений)
	Средство измерений напряжения постоянного тока в диапазоне значений от 0 до 400 мВ, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,015$ мВ	Вольтметры универсальные В7-78/1, (регистрационный номер № 52147-12 в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений)
	Средство измерений частоты, в диапазоне измерений от 1 Гц до 3500 Гц, пределы допускаемой относительной погрешности ± 1 %	Осциллограф-мультиметр цифровой портативный Fluke 125 (регистрационный номер № 46572-11 в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений)

Окончание таблицы 2

1	2	3
	Вспомогательное оборудование	
	Средство измерений температуры окружающей среды: диапазон измерений от 15 до 25 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °С	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 М 5Д (регистрационный номер № 71394-18 в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений)
	Средство измерений относительной влажности окружающей среды: диапазон измерений от 30 до 80 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 2 %	
	Средство измерений атмосферного давления: диапазон измерений от 80 до 106 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3$ кПа	
	Источник питания, обеспечивающей напряжения постоянного тока от 18 до 30 В	
<p>Примечания:</p> <p>1) допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.</p> <p>2) все средства поверки должны быть исправны, поверены или аттестованы в соответствии с действующим законодательством.</p>		

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны быть выполнены все требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на поверяемый Преобразователь и средства поверки.

6.2 Все средства поверки и поверяемый преобразователь должны иметь защитное заземление.

7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре проверяют:

- целостность корпуса преобразователя;
- целостность кабеля преобразователя;
- отсутствие повреждений соединительных разъемов.

7.2 При наличии вышеуказанных дефектов поверку не проводят до их устранения. Если дефекты невозможно устранить, поверяемый преобразователь бракуют.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки проверяют условия проведения поверки в соответствии с разделами 3 и 6.

8.2 Преобразователь и средства измерений должны быть выдержаны при температуре, указанной в п. 3.1 раздела 3 не менее 3 часов.

8.3 Опробование проводят на виброустановке поверочной DVC-500 (далее – виброустановка). Преобразователь закрепляют на виброустановку таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности преобразователя совпадало с направлением колебаний виброустановки.

8.4 Включают и прогревают приборы не менее 15 минут.

8.5 После выполнения вышеуказанных операций, с помощью виброустановки воспроизводят виброускорение предельно равное $10(\pm 1)$ м/с² на частоте 160 Гц.

8.6 Преобразователь считают работоспособным, если считанный с помощью вольтметра выходной сигнал в виде переменного напряжения электрического тока превышает уровень помех не менее чем в 5 раз.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 160 Гц проводят с помощью средства воспроизведения виброускорения (далее - установка) и средства измерений напряжения (вольтметр), указанных в таблице 2 настоящей методики поверки.

9.1.1 Преобразователь закрепляют на установку таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности преобразователя совпадало с направлением колебаний установки. Преобразователь подключают к источнику питания постоянного тока и вольтметру соответствии с эксплуатационной документацией.

9.1.2 С помощью установки на базовой частоте (160 Гц) поочередно воспроизводят виброускорение предельно равное 10 м/с^2 .

9.1.3 При помощи вольтметра и осциллографа на выходе испытуемого преобразователя регистрируют не менее трех значений напряжения переменного тока и определяют действительный коэффициент преобразования по формуле:

$$K_{dj} = \frac{\bar{U}_{\text{изм ср } j}}{a_{\text{эт } j}}, \quad (1)$$

где: K_{dj} – действительное значение коэффициента преобразования в j -ой точке измеряемого виброускорения, $\text{мВ}/(\text{м}\cdot\text{с}^{-2})$;

$\bar{U}_{\text{изм ср } j}$ – среднее значение из всех значений напряжения переменного тока, измеренных на выходе испытуемого преобразователя, мВ , в j -ой точке измеряемого виброускорения, определенное по формуле (2);

$a_{\text{эт}}$ – значение виброускорения в j -ой точке, задаваемое при помощи установки, м/с^2 .

$$\bar{U}_{\text{изм ср } j} = \frac{\sum_{i=1}^n U_{\text{изм } j}}{n}, \quad (2)$$

где: $\bar{U}_{\text{изм ср } j}$ – то же, что и в формуле 1;

$U_{\text{изм } j}$ – значение напряжения переменного тока, измеренное на выходе испытуемого преобразователя, в j -ой точке измеряемого виброускорения, мВ ;

n – количество измерений.

9.1.4 Рассчитывают отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения по формуле:

$$\delta_{K_{dj}}^{\text{ВП}} = \frac{K_{dj} - K_{\text{ном}}}{K_{\text{ном}}} \cdot 100, \quad (3)$$

где: $\delta_{K_{dj}}^{\text{ВП}}$ – рассчитанное отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального в j -ой точке измеряемого виброускорения, %;

K_{dj} – то же, что и в формуле 1;

$K_{\text{ном}}$ – номинальный коэффициент преобразования, $\text{мВ}/(\text{м}\cdot\text{с}^{-2})$.

9.2 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики коэффициента преобразования относительно базовой частоты 160 Гц и определение нелинейности амплитудной характеристики.

9.2.1 Перед определением неравномерности амплитудно-частотной характеристики (далее – АЧХ) и нелинейности амплитудной характеристики (далее – АХ) проводят операции по п. 9.1.1 (при необходимости).

9.2.2 При помощи установки воспроизводят значение виброускорения не менее 10 м/с^2 , но не (более верхнего предела диапазона измерений) при частоте 160 Гц и определяют действительное значение коэффициента преобразования по формуле (1).

9.2.3 При помощи установки воспроизводят значение виброускорения предельно равное 10 м/с^2 , не менее чем при десяти значениях рабочего диапазона частоты, при этом обязательно наличие нижнего и верхнего значений рабочего диапазона. Значения частоты рекомендуется выбирать из ряда: 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 3500 Гц. Проверку допускается проводить на частотах, на которых средство воспроизведений виброускорения воспроизводит ускорение (в соответствии с ГОСТ Р 8.669 п.п. 10.13.1) с коэффициентом гармонических искажений не более 10 % и коэффициентом поперечных составляющих не более 25 %. Контроль коэффициента гармонических искажений и коэффициента поперечных составляющих средства воспроизведения виброускорения должен быть выполнен при установленной на установку массе, эквивалентной массе проверяемого вибропреобразователя.

9.2.4 Определяют неравномерность амплитудно-частотной характеристики коэффициента преобразования относительно базовой частоты 160 Гц по формуле:

$$\gamma_{\text{ачх } j} = \frac{K_{f j} - K_{Дj}}{K_{Дj}} \cdot 100, \quad (4)$$

где: $\gamma_{\text{ачх } j}$ – рассчитанная неравномерность амплитудно-частотной характеристики коэффициента преобразования относительно базовой частоты 160 Гц, на j -ом значении установленной частоты, %;

$K_{Дj}$ – действительное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 160 Гц, $\text{мВ}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2})$, определенное по пункту 4.3.1.3;

$K_{f j}$ – действительное значение коэффициента преобразования на j -ом значении установленной частоты, $\text{мВ}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2})$, и рассчитанного по формулам 5-6:

$$K_{f j} = \frac{\bar{U}_{\text{изм ср } f j}}{a_{\text{эт } j}}, \quad (5)$$

где: $\bar{U}_{\text{изм ср } f j}$ – среднее значение из всех значений напряжения переменного тока, измеренных на выходе испытуемого преобразователя, мВ, на j -ом значении установленной частоты, определенное по формуле (2);

$a_{\text{эт}}$ – значение виброускорения, задаваемое при помощи установки, м/с^2 .

$$\bar{U}_{\text{изм ср } f j} = \frac{\sum_{i=1}^n U_{\text{изм } f j}}{n}, \quad (6)$$

где: $U_{\text{изм } f j}$ – значение напряжения переменного тока, измеренное на выходе испытуемого преобразователя, на j -ом значении установленной частоты, мВ;

n – количество измерений.

9.2.5 За неравномерность АЧХ принимают максимальное относительное отклонение, %, вычисленное по формуле:

$$\gamma_{\text{АЧХ}} = (\gamma_{\text{АЧХ } i})_{\text{max}}, \quad (7)$$

9.3 Определение нелинейности амплитудной характеристики.

9.3.1 При определении нелинейности АХ с помощью установки на базовой частоте (160 Гц) поочередно воспроизводят виброускорение в точках предельно равных: a_{\min} ; $0,25 \cdot a_{\max}$; $0,5 \cdot a_{\max}$; $0,75 \cdot a_{\max}$; a_{\max} , где:

a_{\min} и a_{\max} – соответственно минимальное и максимальное значения диапазона измерений виброускорения испытуемого преобразователя, м/с^2 .

9.3.2 Определяют нелинейность АХ по формуле:

$$\delta_{\text{АХ } i} = \frac{|K_{\text{Д } i} - K_{\text{ср}}|}{K_{\text{ср}}} \cdot 100, \quad (8)$$

где: $\delta_{\text{АХ } i}$ – определенное относительное отклонение коэффициента преобразования от среднего на i -ом значении амплитуды виброускорения, %;

$K_{\text{Д } i}$ – то же, что и в формуле 1;

$K_{\text{ср}}$ – среднее значение коэффициента преобразования, ($\text{мВ}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2})$), рассчитанное по формуле:

$$K_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{\text{Д } i}}{n}, \quad (9)$$

где: $K_{\text{Д } i}$ – действительное значение коэффициента преобразования на i -ом значении амплитуды виброускорения, ($\text{мВ}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2})$), рассчитанное по формуле 1.

n – количество измерений.

9.3.3 За нелинейность АХ преобразователя принимают максимальное значение относительного отклонения коэффициента преобразования от среднего, %, по формуле:

$$\delta_{\text{АХ}} = (\delta_{\text{АХ } i})_{\max}, \quad (10)$$

9.4 Определение относительного коэффициент поперечного преобразования

9.4.1 Преобразователь закрепляют на установке таким образом, чтобы измерительная ось преобразователя была перпендикулярна оси вибровозбудителя установки.

9.4.2 При помощи установки на базовой частоте 160 Гц воспроизводят виброускорение в диапазоне значений от 20 до 50 м/с^2 . Последовательно поворачивая преобразователь вокруг измерительной оси на углы 0; 30; 60; 90; 120; 150; 180; 210; 240; 270; 300; 330; 360°, измеряют выходной сигнал при помощи вольтметра и рассчитывают значение коэффициента поперечного преобразования по формуле:

$$K_{\text{Оп } i} = \frac{\bar{U}_{i \text{ ср}}}{a_{\text{д}} K_{\text{д}}} \cdot 100, \quad (11)$$

где: $K_{\text{Оп } i}$ – рассчитанное значение коэффициента поперечного преобразования, %;

$\bar{U}_{i \text{ ср}}$ – среднее значение напряжения переменного тока, измеренное на выходе испытуемого преобразователя, на i -ом значении вращения, мВ

$a_{\text{д}}$ – установленное значение виброускорения, м/с^2 ;

$K_{\text{д}}$ – действительное значение коэффициента преобразования преобразователя, определенное по формуле 1.

9.4.3 В качестве действительного коэффициента поперечного преобразования принимают максимальное значение, вычисленное по формуле:

$$K_{\text{оп}} = K_{\text{оп } i \text{ max}}, \quad (12)$$

где: $K_{\text{оп}}$ – коэффициент поперечного преобразования, %;

$K_{\text{оп } i \text{ max}}$ – максимальное значение, рассчитанное по формуле (11) значение коэффициента поперечного преобразования, %.

9.5 Определение относительной погрешности измерений виброускорения

9.5.1 После проведения операций по п.п. 4.3.1-4.3.3, определяют относительную погрешность измерений виброускорения по формуле:

$$\delta_{\text{осн}} = \pm 1.1 \sqrt{\delta_0^2 + \delta_{\text{И}}^2 + \gamma_{\text{АЧХ}}^2 + \delta_{\text{АХ}}^2}, \quad (13)$$

где: $\delta_{\text{осн}}$ – рассчитанная относительная погрешность измерений виброускорения, %;

δ_0 – основная относительная погрешность эталонной виброустановки при частоте 160 Гц, %;

$\delta_{\text{И}}$ – основная относительная погрешность эталонного средства измерений выходного сигнала, %;

$\gamma_{\text{АЧХ}}$ – неравномерность частотной характеристики преобразователя, определяемая по формуле (7);

$\delta_{\text{АХ}}$ – нелинейность амплитудной характеристики преобразователя, определяемая по формуле (10), %.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Результаты поверки считаются положительными, если:

а) рассчитанное по формуле (3) по пункту 9.1 отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального – не превышает $\pm 5\%$;

б) рассчитанная по формуле (7) по пункту 9.2 настоящей методики поверки неравномерность частотной характеристики в диапазоне рабочих частот от 2 до 2500 включ. Гц – не превышает $\pm 7\%$;

в) рассчитанная по формуле (7) по пункту 9.2 настоящей методики поверки неравномерность частотной характеристики в диапазоне рабочих частот св. 2500 до 3500 включ., Гц – не превышает $\pm 25\%$;

г) рассчитанная по формуле (10) по пункту 9.3 настоящей методики нелинейность амплитудной характеристики - не превышает $\pm 4\%$.

д) рассчитанная по формуле (13) по пункту 9.5 настоящей методики поверки относительная погрешность измерений виброускорения в диапазоне рабочих частот от 5 до 2500 включ. Гц – не превышает $\pm 11\%$;

е) рассчитанная по формуле (13) по пункту 9.5 настоящей методики поверки относительная погрешность измерений виброускорения в диапазоне рабочих от 2 до 5 включ. и св. 2500 до 3500 включ. Гц – не превышает $\pm 30\%$;

11 Оформление результатов поверки

11.1 При положительных результатах поверки преобразователь признается пригодным к применению. Сведения о положительных результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений с указанием объема, проведенной поверки, а на преобразователь выдается свидетельство о поверке в соответствии с действующим Порядком проведения поверки.

11.2 При отрицательных результатах поверки преобразователь признается непригодным к применению. Сведения об отрицательных результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, и на преобразователь выдается извещение о непригодности с указанием основных причин в соответствии с действующим законодательством.

Исполнитель
Инженер по метрологии
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»



И.В. Мартынов