



СОГЛАСОВАНО  
Заместитель руководителя ЛОЕИ  
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»  
В.А. Лапшинов



СОГЛАСОВАНО  
(в части пп. 9.1 – 9.3)  
Руководитель ИЦ  
ФГБУ «ВНИИМС»

А.Е. Коломин

« 19 » апреля

2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи виброперемещений ИВП-Ц

## ***МЕТОДИКА ПОВЕРКИ***

**МП-681/08-2023**

2024 г.

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на преобразователи виброперемещений ИВП-Ц (далее – преобразователи), и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в Приложение А настоящей методики.

1.3 При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод прямых измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений виброперемещения, виброскорости,виброускорения и углового ускорения, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2018 г. № 2772.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемого средства измерений к Государственному первичному эталону единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела (ГЭТ 58-2018). При проведении поверки в качестве средств поверки должен использоваться эталон по Государственной поверочной схеме для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2018 г. № 2772.

1.4 На основании письменного заявления владельца преобразователей или лица, представившего на поверку преобразователи, оформленного в произвольной форме, допускается проведение периодической поверки преобразователей по выходному сигналу только в виде напряжения переменного тока (мВ) или силы переменного тока (мкА), а также на меньшем числе поддиапазон частот с обязательным указанием объема проведенной поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФОЕИ).

1.5 Метрологические характеристики преобразователей определяют методом прямых измерений или методом непосредственного сличения с рабочими эталонами.

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 1 – Перечень операций поверки

| Наименование операции поверки  | Обязательность выполнения операций поверки при |                       | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|--|--|-----------------------|--|
|  | первичной поверке                              | периодической поверке |  |
| 1  | 2  | 3                     | 4  |
| Внешний осмотр средства измерений  | Да   | Да                    | 7  |
| Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений) | Да   | Да                    | 8.1  |
| Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)              | Да   | Да                    | 8.2  |

Окончание таблицы 1

| 1   | 2  | 3  | 4   |
|---|----|----|-----|
| Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям: |    |    |     |
| – определение отклонения коэффициента преобразования от номинального значения   | Да | Да | 9.1 |
| – определение нелинейности амплитудной характеристики   | Да | Да | 9.2 |
| – определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики   | Да | Да | 9.3 |
| – определение относительного коэффициента поперечного преобразования  | Да | Да | 9.4 |
| Оформление результатов поверки  | Да | Да | 10  |

### 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды от плюс 15°C до плюс 25°C;
- относительная влажность воздуха, не более 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа.

3.2 Перед проведением поверки преобразователи, средства поверки и вспомогательное оборудование должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией (далее – ЭД).

### 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технической безопасности на рабочем месте, изучившие настоящую методику поверки и ЭД на поверяемые преобразователи, средства поверки и вспомогательное оборудование, применяемые при поверке.

### 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 2 – Перечень средств поверки

| Операции поверки, требующие применение средств поверки                          | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки  | Перечень рекомендуемых средств поверки   | 1 | 2 | 3 |
|---|---|--|---|---|---|
|   |   |  | 1 | 2 | 3 |
| р. 9<br>Определение метрологических характеристик;<br><br>п. 8.2<br>Опробование | Поверочная виброустановка 1-го разряда в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2018 г. № 2772, в диапазоне измерений от 15 до 500 мкм, в диапазоне частот от 0,5 до 400 Гц | Установки для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей модели 9155, регистрационный № 68875-17 в ФИФОЕИ (далее – виброустановка) |   |   |   |

## Продолжение таблицы 2

| 1   | 2  | 3  |
|---|--|--|
| р. 9<br>Определение метрологических характеристик;  | Рабочий эталон не ниже 3-го разряда в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 августа 2023 г. № 1706, предел измерений 10 мВ, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm(2 \cdot 10^{-4} \cdot D + 1,1 \cdot 10^{-4} \cdot E)$ , где D – измеренное значение напряжения переменного тока, E – верхний предел измерений напряжения переменного тока. | Мультиметр 3458А, регистрационный № 25900-03 в ФИФОЕИ (далее – мультиметр)                                   |
| п. 8.2<br>Опробование   | Рабочий эталон не ниже 2-го разряда в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 марта 2022 г. № 668, предел измерений 100 мкА, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm(6 \cdot 10^{-4} \cdot D + 3 \cdot 10^{-4} \cdot E)$ , где D – измеренное значение силы переменного тока, E – верхний предел измерений силы переменного тока.                | Мультиметр 3458А, регистрационный № 25900-03 в ФИФОЕИ (далее – мультиметр)                                   |
| Вспомогательные средства поверки  |  |  |
| р. 9<br>Определение метрологических характеристик;<br>п. 8.2<br>Опробование   | Средство воспроизведений и поддержания напряжения постоянного тока от 12 до 24 В   | Источник питания постоянного тока GPR-76030D, регистрационный № 55898-13 в ФИФОЕИ (далее – источник питания) |
| р. 9<br>Определение метрологических характеристик;  | Средство измерений температуры окружающей среды с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$   | Измеритель температуры и относительной влажности воздуха ИВТМ-7 М 5-Д, регистрационный № 71394-18 в ФИФОЕИ   |
| п. 8.1<br>Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)  | Средство измерений относительной влажности окружающей среды с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 2\%$   |  |
|   | Средство измерений атмосферного давления с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3 \text{ кПа}$  |  |
| Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице. |  |  |

## **6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки**

6.1 Все операции поверки, предусмотренные настоящей методикой поверки, экологически безопасны. При их выполнении, проведение специальных защитных мероприятий по охране окружающей среды не требуется.

6.2 При проведении поверки соблюдаются требования безопасности, определяемые:

- правилами безопасности труда и пожарной безопасности;
- правилами безопасности при эксплуатации используемых эталонных средств измерений, испытательного оборудования и поверяемых преобразователей, приведенными в ЭД.

6.3 Работы по соединению устройств должны выполняться до подключения к сети питания. Средства поверки и вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление.

## **7 Внешний осмотр средства измерений**

7.1 Внешний осмотр проводят визуально.

7.2 При внешнем осмотре устанавливают соответствие преобразователей следующим требованиям:

- внешний вид и комплектность соответствуют описанию типа и ЭД;
- отсутствие механических повреждений корпуса, соединительных кабелей и разъемов, влияющих на правильность функционирования и метрологические характеристики, а также препятствующих проведению поверки.
- отсутствие дефектов, препятствующих чтению надписей на маркировке преобразователей.

7.3 Результаты поверки по 7 считаю положительным, если при проведении внешнего осмотра выполняются требования, изложенные выше. При наличии вышеуказанных дефектов поверку не проводят до их устранения. Если дефекты невозможно устранить, поверяемый преобразователи бракуют.

## **8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

8.1 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- изучают ЭД на преобразователи и средства поверки, настоящую методику поверки;
- проверяют соответствие условий поверки в месте проведения поверки требованиям, установленным в разделе 3 (заносят результаты измерений условий поверки в протокол поверки);
- перед проведением поверки, преобразователи, средства поверки и эталоны должны быть выдержаны (в нерабочем состоянии) не менее двух часов в помещении, где проводится поверка (если они находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в разделе 3). Допускается сокращение времени выдержки до 40 минут если преобразователи до начала поверки находились с средствами поверки и эталонами в одном помещении, удовлетворяющем условиям проведения поверки;
- средства поверки и преобразователи подготавливают к работе в соответствии с требованиями ЭД и соединяют зажимы защитного заземления с контуром заземления в месте проведения поверки;

8.2 Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений).

Опробование проводят с помощью виброустановки, мультиметра и источника питания.

8.2.1 Источник питания, мультиметр подключают к преобразователю в соответствии с ЭД. Включают приборы в работу и выдерживают в течение времени установления рабочего режима, указанного в их ЭД.

8.2.2 Фиксируют начальные значения выходного сигнала в виде напряжения переменного тока (мВ) и(или) силы переменного тока (мкА). Слегка воздействуют на преобразователь (постукивают) при этом наблюдают за выходным(и) сигналом(и).

8.3 Результаты поверки по 8 считают положительными, если:

- при выполнении требований, изложенных в 8.1;
- при воздействии на преобразователь по 8.2 наблюдаются изменения показания выходного сигнала (изменяются значения выходного сигнала в виде напряжения переменного тока (мВ) и(или) силы переменного тока (мкА)).

## **9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям**

### **9.1 Определение отклонения коэффициента преобразования от номинального значения**

9.1.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования производят на базовой частоте 45 Гц при значении виброперемещения равном 100 мкм.

9.1.2 Устанавливают преобразователь на вибростенд эталонной виброустановки при помощи резьбового крепления и подключают выходной разъем преобразователя к средству поверки в соответствии с ЭД. На эталонной виброустановке воспроизводят амплитудное значение виброперемещения, равное 100 мкм на частоте 45 Гц, и определяют действительное значение коэффициента преобразования. При невозможности определить коэффициент преобразования при помощи эталонной виброустановки в автоматическом режиме, измеряют выходной сигнал преобразователя мультиметром и рассчитывают значения коэффициента преобразования по формулам (1) и(или) (2).

Для преобразователей с выходом по напряжению переменного тока:

$$K_U = \frac{U_{изм}}{S_{зад}}, \text{ мВ/мкм} \quad (1)$$

где:  $U_{изм}$  – измеренное значение напряжения переменного тока на выходе преобразователя, мВ;

$S_{зад}$  – заданное значение виброперемещения, мкм.

Для преобразователей с выходом по силе переменного тока:

$$K_I = \frac{I_{изм}}{S_{зад}}, \text{ мкА/мкм} \quad (2)$$

где:  $I_{изм}$  – измеренное значение силы переменного тока на выходе преобразователя, мкА;

$S_{зад}$  – заданное значение виброперемещения, мкм.

9.1.3 Производить измерение выходной характеристики поверяемого преобразователя не менее трех раз, определять среднее арифметическое значение и применять его в дальнейших расчетах.

9.1.4 Отклонение коэффициента преобразования от номинального значения вычисляют по формуле (3).

$$\Delta = \frac{K_D - K_H}{K_H} \cdot 100, \% \quad (3)$$

где:  $K_H$  – номинальное значение коэффициента преобразования, мВ/мкм (мкА/мкм);

$K_D$  – измеренное значение коэффициента преобразования на базовой частоте 45 Гц, мВ/мкм (мкА/мкм).

9.1.5 Результаты поверки по 9.1 считают положительными и преобразователи соответствует метрологическим требованиям, если полученные значения отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 45 Гц не превышают пределов, указанных в таблице А.1 приложения А.

## 9.2 Определение нелинейности амплитудной характеристики

9.2.1 С помощью эталонной виброустановки последовательно воспроизводят амплитудные значения виброперемещения, равные 15, 50, 100, 200, 300, 400 и 500 мкм на базовой частоте 45 Гц и определяют коэффициент преобразования испытываемого преобразователя.

9.2.2 Нелинейность амплитудной характеристики 8 определяют по формуле (4).

$$\delta = \frac{K_i - K_D}{K_D} \cdot 100, \% \quad (4)$$

где:  $K_D$  – действительное значение коэффициента преобразования, вычисленное по 9.1.2, мВ/мкм (мкА/мкм);

$K_i$  – измеренное значение коэффициента преобразования в  $i$ -той точке измерений, мВ/мкм (мкА/мкм).

9.2.3 Результаты поверки по 9.2 считают положительными и преобразователи соответствует метрологическим требованиям, если полученные значения нелинейности амплитудной характеристики на базовой частоте 45 Гц не превышают пределов в каждой поверяемой точке измерений, указанных в таблице А.1 приложения А.

## 9.3 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики.

9.3.1 С помощью эталонной виброустановки воспроизводят постоянное амплитудное значение виброперемещения равное 100 мкм на десяти точках поддиапазона из диапазона частот от 0,5 до 400 Гц для модификаций ИВП-Ц-05/400К, ИВП-Ц-05/400Р и от 0,7 до 400 Гц для модификаций ИВП-Ц-07/400К, ИВП-Ц-07/400Р. Значения частот выбирают из частот октавного ряда (равномерно распределённые внутри диапазона), включая нижнее и верхнее значения поддиапазонов. Определяют действительное значение коэффициента преобразования по формулам (1) и (или) (2) при каждом значении частоты.

9.3.2 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики у определяют по формуле (5)

$$\gamma = \frac{K_j - K_D}{K_D} \cdot 100, \% \quad (5)$$

где:  $K_D$  – действительное значение коэффициента преобразования, вычисленное по 9.1.2, мВ/мкм (мкА/мкм);

$K_j$  – измеренное значение коэффициента преобразования в  $j$ -той точке измерений, мВ/мкм (мкА/мкм).

9.3.3 Результаты поверки по 9.3 считают положительными и преобразователи соответствует метрологическим требованиям, если полученные значения неравномерности амплитудно-частотной характеристики не превышают пределов в каждой поверяемой точке измерений, указанных в таблице А.1 приложения А.

## 9.4 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования.

9.4.1 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования проводится на эталонной виброустановке при помощи специального переходника. Ось чувствительности поверяемого преобразователя должна быть перпендикулярна к направлению колебаний.

9.4.2 Измерения проводят на базовой частоте 45 Гц и при значении виброперемещения равном 100 мкм. Выход преобразователя соединяют с входом мультиметра.

9.4.3 Последовательно поворачивая преобразователь вокруг измерительной оси на углы 0°, 90°, 180°, 270° зафиксировать в каждом положении значения выходного сигнала.

9.4.4 Значение относительного коэффициента поперечного преобразования определяют по формулам (6) и (или) (7).

Для преобразователей с выходом по напряжению переменного тока:

$$K = \frac{U_{\max}}{S_d \cdot K_d} \cdot 100, \% \quad (6)$$

где:  $U_{\max}$  – максимальное значение напряжения на выходе преобразователя, мВ;

$K_d$  – действительное значение коэффициента преобразования, вычисленное по формуле (1);

$S_d$  – значение виброперемещения воспроизводимое на эталонной виброустановке.

Для преобразователей с выходом по силе переменного тока:

$$K = \frac{I_{\max}}{S_d \cdot K_d} \cdot 100, \% \quad (7)$$

где:  $I_{\max}$  – максимальное значение силы переменного тока на выходе преобразователя, мкА;

$K_d$  – действительное значение коэффициента преобразования, вычисленное по формуле (2);

$S_d$  – значение виброперемещения воспроизводимое на эталонной виброустановке.

9.4.5 Результаты поверки по 9.4 считаются положительными и преобразователи соответствует метрологическим требованиям, если полученные значения относительного коэффициента поперечного преобразования не превышают пределов в каждой поверяемой точке измерений, указанных в таблице А.1 приложения А.

## 10 Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в произвольной форме, и содержащее результаты по разделам 7 - 9 настоящей методики поверки.

10.2 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений, предусмотренным действующим законодательством.

10.3 При положительных результатах, по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке, на которое наносят знак поверки, а также указывается объем поверки.

10.4 При отрицательных результатах, по заявлению владельца средств измерений или лица, представившего их на поверку, выдается извещение о непригодности к применению средства измерений в соответствии с действующим законодательством.

**Приложение А**  
**к МП-681/08-2023**  
**(обязательное)**

**Метрологические требования, которые должны быть подтверждены  
в результате поверки**

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

| Наименование характеристики   | Значение                         |
|---|----------------------------------|
| Номинальные значения коэффициента преобразования на базовой частоте 45 Гц:<br><br>- с выходом по напряжению переменного тока, мВ/мкм<br>- с выходом по силе переменного тока, мкА/мкм   | 9<br>16                          |
| Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 45 Гц, %   | ±5                               |
| Диапазон измерения амплитудного значения виброперемещения, мкм  | от 15 до 500                     |
| Диапазоны рабочих частот, Гц<br><br>- для модификаций ИВП-Ц-05/400К и ИВП-Ц-05/400Р<br>- для модификаций ИВП-Ц-07/400К и ИВП-Ц-07/400Р  | от 0,5 до 400<br>от 0,7 до 400   |
| Нелинейность амплитудной характеристики на базовой частоте 45 Гц, %, в пределах   | ±2                               |
| Неравномерность амплитудно-частотной характеристики, %, в пределах:<br><br>- для модификаций ИВП-Ц-05/400К и ИВП-Ц-05/400Р:<br>- в поддиапазонах частот от 0,5 до 2 Гц включ.<br>- в поддиапазонах частот св. 2 до 150 Гц включ.<br>- в поддиапазонах частот: св. 150 до 400 Гц<br>- для модификаций ИВП-Ц-07/400К и ИВП-Ц-07/400Р:<br>- в поддиапазонах частот от 0,7 до 2 Гц включ.<br>- в поддиапазонах частот св. 2 до 150 Гц включ.<br>- в поддиапазонах частот: св. 150 до 400 Гц | ±8<br>±5<br>±8<br>±8<br>±5<br>±8 |
| Относительный коэффициент поперечного преобразования, %, не более   | 5                                |