

Открытое акционерное общество  
«Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию  
энергетического оборудования им. И.И. Ползунова»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора

ОАО «НПО ЦКТИ»



В.Е. Рохлин

«14» февраля 2022г.

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



А. Н. Пронин


«14» февраля 2022г.

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ  
ИПП-2-2**

Методика поверки

МП 26.51.66.131 - 077 - 05762252 – 2022

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



Козляковский А.А.  
«14» 02 2022 г.

## Содержание

Содержание .....	2
1. Общие положения .....	3
2. Перечень операций поверки средства измерений .....	3
3. Требования к условиям проведения поверки .....	3
4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку .....	4
5. Метрологические и технические требования к средствам поверки .....	4
6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки .....	5
7. Внешний осмотр средства измерений .....	5
8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений .....	5
9. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия обязательным метрологическим требованиям .....	6
9.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования преобразователя и отклонения коэффициента от номинального значения. Определение диапазона измерений относительного статического перемещения .....	6
9.2 Определение нелинейности амплитудной характеристики .....	7
9.3 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики .....	8
9.4 Определение основной относительной погрешности измерений относительного статического осевого перемещения .....	8
9.5 Определение основной относительной погрешности измерений виброперемещения (размах) на базовой частоте .....	8
10. Оформление результатов поверки .....	9

## 1. Общие положения

Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на преобразователи перемещений ИПП-2-2 (далее – преобразователь перемещений), выпускаемые ОАО «НПО ЦКТИ» (г. Санкт-Петербург) и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Первичная поверка преобразователя перемещений производится при выпуске из производства и после ремонта.

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 методом косвенных измерений в соответствии с Приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018.

## 2. Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняются операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции 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	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Определение действительного значения коэффициента преобразования преобразователя и отклонения коэффициента от номинального значения. Определение диапазона измерений относительного статического перемещения	да	да	9.1
Определение нелинейности амплитудной характеристики	да	да	9.2
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	да	да	9.3
Определение основной относительной погрешности измерений относительного статического осевого перемещения	да	да	9.4
Определение основной относительной погрешности измерений виброперемещения (размах) на базовой частоте	да	да	9.5

## 3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С .....от + 15 до + 25;
- относительная влажность, % :.....от 40 до 80;
- атмосферное давление, кПа.....от 97,3 до 105,3;
- напряжение питания, В.....от 23 до 25;
- сопротивление нагрузки для выходного сигнала, кОм, не менее 10.



#### 4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

Поверку преобразователя перемещений проводят поверители метрологических служб юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, аккредитованных на проведение поверки в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации.

Поверители обязаны иметь профессиональную подготовку и опыт работы с преобразователем перемещений, а также обязаны знать требования руководства по эксплуатации на преобразователь перемещений и требования настоящей методики.

Для проведения поверки преобразователя перемещений достаточно одного поверителя.

#### 5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8, 9.2, 9.3	Эталоны единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2-го разряда по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г., диапазон измерений виброперемещений от $2 \cdot 10^{-8}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ м, в диапазоне частот от 0,1 Гц до 10 кГц, ПГ $\pm(1,0-15,0)$ %	Рабочий эталон 2-го разряда единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела по Приказу Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г.
9.1	Мультиметры, предел измерения напряжения постоянного тока 100,0000 В с пределом допускаемой абсолютной погрешности измерения $0,000020 D + 0,000006 E$ , предел измерения напряжения переменного тока 100,0000 В в частотном диапазоне от 5 Гц до 20 кГц с пределом допускаемой абсолютной погрешности измерения $0,0004 D + 0,0002 E$ ; Средства измерений для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме в диапазоне установки зазора от 0,0 до 5000,0 мкм с пределами допускаемой абсолютной погрешности установки зазора $\pm 15$ мкм.	Мультиметр 34401А, рег. № 16500-97  Устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме УПД, рег. № 41293-09
8, 9.1-9.3	Вспомогательное оборудование: источник стабилизированного напряжения постоянного тока $(24,0 \pm 1)$ В, 200мА.	-

Примечание - Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.

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



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

При проведении поверочных работ необходимо соблюдать требования по обеспечению безопасности на рабочих местах по ГОСТ 12.2.061-81, а также все требования, указанные в технических условиях на преобразователь перемещений и нормативные документы на средства поверки.

Средства поверки, а также вспомогательное оборудование, которые подлежат заземлению, должны быть надежно заземлены.

## **7. Внешний осмотр средства измерений**

7.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие преобразователей перемещений следующим требованиям:

- соответствие комплектности и маркировки требованиям, установленным в эксплуатационной документации преобразователя перемещений;
- отсутствие загрязнений на поверхности модулятора поверяемого преобразователя перемещений;
- отсутствие повреждений корпуса, разъёма (клемника) и соединительного кабеля преобразователя перемещений.

7.2 Результат проверки считается положительным, если преобразователи перемещений соответствуют требованиям эксплуатационной документации и признаются пригодными к применению, если выполняется п. 7.1.

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

8.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие операции:

- выдержать поверяемые преобразователи перемещений в условиях окружающей среды, указанных в п.3, не менее 1 ч, если они находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в п.3;

- соединить зажимы заземления используемых средств поверки с контуром заземления;

- средства поверки, предусматривающие питание от сети переменного тока 220 В, 50 Гц необходимо включить и дать им прогреться в течение времени, указанного в технической документации на них.

Поверка основных параметров и метрологических характеристик проводятся по истечении времени готовности преобразователя перемещений, которое составляет не более 30 мин.

8.2 Для проведения опробования необходимо выполнить следующие операции:

8.2.1 Закрепляют на вибростоле рабочего эталона образец металла, вибрацию которого преобразователь должен преобразовывать в электрический сигнал. Крепление образца металла к вибростолу рабочего эталона должно быть выполнено клеевым или резьбовым способом в соответствии с ГОСТ ИСО 5348-2002. Плоскость образца металла должна быть перпендикулярна к направлению колебаний вибростола.

*Примечание* — Образец, применяемый для поверки преобразователя перемещений, изготавливают в форме диска толщиной от 6 до 8 мм и диаметром от 15 до 30 мм (но не менее двух диаметров измерительной катушки датчика) из металла той же марки, что и марка металла, для которого предназначен преобразователь. Образец металла указанных выше размеров для проверки поставляет заказчик совместно с поверяемым преобразователем. Если эталонный вибропреобразователь находится на верхней поверхности вибростола, то образец металла укрепляют на верхней поверхности этого вибропреобразователя с помощью клеевого или резьбового соединения. Если используют эталонный вибропреобразователь, встроенный в вибростол, то металлический диск укрепляют непосредственно на верхней поверхности вибростола. Плоскость окружности закрепленного на вибростоле образца металла должна быть перпендикулярна к направлению колебаний вибростола.

8.2.2 Преобразователь перемещений устанавливают на кронштейне над образцом металла на расстоянии, указанном в руководстве по эксплуатации, таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности преобразователя совпадало с направлением колебаний вибростола



(при отсутствии рекомендаций в руководстве по эксплуатации по закреплению преобразователя его устанавливают таким образом, чтобы плоскость чувствительности преобразователя находилась на расстоянии 1,5 - 2,0 мм от образца металла).

8.2.3 В соответствии с руководством по эксплуатации подключают преобразователь соединительным кабелем к входу измерительной цепи.

8.2.4 Включают и прогревают приборы измерительной цепи и поверочной виброустановки.

8.2.5 С помощью измерительного прибора фиксируют начальный уровень сигнала на выходе устройства преобразования (усилитель генератор) преобразователя.

8.2.6 Подают напряжение от генератора через усилитель мощности на вибровозбудитель. Частота подаваемого напряжения не должна превышать 0,25 максимального значения рабочего диапазона частот поверяемого преобразователя.

8.2.7 Плавно увеличивают напряжение на подвижной катушке вибровозбудителя до тех пор, пока уровень амплитуды сигнала на выходе устройства преобразования (усилителя генератора) преобразователя не превысит начальный уровень сигнала, определенный по п. 8.2.5, в 10 раз, что служит критерием работоспособности преобразователя.

8.2.8 Результаты опробования считаются удовлетворительными, если выполняются требования п. 8.2.7 методики поверки.

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

### 9.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования преобразователя и отклонения коэффициента от номинального значения. Определение диапазона измерений относительного статического перемещения

9.1.1 Устанавливают преобразователь перемещений в устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме (УПД) в соответствии с руководством по эксплуатации. Зазор между торцом модулятора и контрольным образцом выставляют равным 0 мм. Сбрасывают показания часового механизма (УПД) на нулевое значение.

9.1.2 С помощью микрометрического винта (УПД) увеличивают зазор до тех пор, пока на выходе преобразователя не установится выходное напряжение 2,0 В, что будет соответствовать начальному (номинальному) зазору. Установить показания часового механизма (УПД) на нулевое значение.

9.1.3 Последовательно увеличивать зазор между торцом модулятора и контрольным образцом с шагом 0,2 мм, измеряя выходное напряжение, до максимального статического осевого перемещения относительно начального зазора. Результаты измерений записываются в таблицу 3.

Таблица 3

$S_i$ , мм	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$U_i$ , В											
$K_d$ , В/мм											
$\delta_{ном}$ , %											
$K_i$ , В/мм											
$K_{ср}$ , В/мм											

9.1.4 Действительное значение коэффициента преобразования преобразователя вычисляют по формуле (1):

$$K_d = \frac{U_k - U_0}{S_m}, \quad (1)$$

где  $K_d$  – действительное значение коэффициента преобразования преобразователя, В/мм;



$U_k$  – выходное напряжение при максимальном значении диапазона измерений относительного статического осевого перемещения  $S_m$ , В;

$U_0$  – выходное напряжение при начальном (номинальном) зазоре, В;

$S_m$  – максимальное значение диапазона измерений зазора статического осевого перемещения относительно начального, мм.

Отклонение коэффициента преобразования преобразователя от номинального значения рассчитывается по формуле (2)

$$\delta_{\text{ном}} = \frac{K_d - K_{\text{ном}}}{K_{\text{ном}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

где  $K_{\text{ном}}$  – номинальный коэффициент преобразования преобразователя, указанный в эксплуатационной документации на преобразователь, В/мм.

Действительное значение коэффициента преобразования для каждой  $i$ -ой точки вычисляют по формуле (3):

$$K_i = \frac{U_i - U_0}{S_i - S_0}, \quad (3)$$

где  $K_i$  –  $i$ -ое значение коэффициента преобразования при  $i$ -том положении диска;

$U_i$  –  $i$ -ое значение напряжения, полученное на выходе усилителя генератора, В;

$U_0$  – выходное напряжение при начальном (номинальном) зазоре, В

$S_i$  –  $i$ -ое значение перемещения, измеренное с помощью микрометрической головки, мм;

$S_0$  – начальный (номинальный) зазор, мм.

Среднее значение коэффициента преобразования преобразователя рассчитывается по формуле (4)

$$K_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n} \quad (4)$$

9.1.5 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если отклонение от номинального коэффициента преобразования не превышает  $\pm 5\%$ , и диапазон измерений относительного статического перемещения находится в пределах от 0 до 2 мм.

## 9.2 Определение нелинейности амплитудной характеристики

9.2.1 Поверяемый преобразователь перемещений устанавливают на вибростол таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности преобразователя совпадало с направлением колебаний вибростола. Поверяемый преобразователь закрепляют с помощью специального кронштейна для закрепления над вибростолом вибровозбудителя. В соответствии с руководством по эксплуатации подключают преобразователь соединительным кабелем к вторичным приборам. Включают и прогревают приборы, а также измерительные и технические средства поверочной виброустановки.

9.2.2 Нелинейность амплитудной характеристики преобразователя определяют на одной из частот рабочего диапазона (например, 40 Гц) не менее, чем в шести точках диапазона амплитуд, соответствующих 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 % и 100 % от верхнего значения диапазона измерения виброперемещения в динамическом режиме.

9.2.3 Последовательно воспроизводят указанные значения виброперемещения и частоты, и измеряют напряжение на выходе усилителя-генератора и определяют значения коэффициента преобразования  $K_{Di}$  для каждого значения амплитуды по формуле (5).

$$K_{Di} = \frac{U_s}{S_d}, \quad (5)$$

где  $U_s$  – значение напряжения на выходе усилителя-генератора, мВ;

$S_d$  – виброперемещение, задаваемое виброустановкой, мкм.

9.2.4 Определяют среднее арифметическое значение коэффициента преобразования преобразователя по формуле (4), для каждого значения, задаваемого амплитуды



виброперемещения, определяют относительное отклонение коэффициента преобразования от среднего значения по формуле (6).

$$\delta_i = \frac{K_{Di} - K_{cp}}{K_{cp}} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где  $K_{Di}$  – значение коэффициента преобразования при  $i$ -ом значении амплитуды виброперемещения, В/мм;

$K_{cp}$  – среднее значение коэффициента преобразования, по формуле (4).

9.2.5 За нелинейность амплитудной характеристики  $\delta_a$  принимают максимальное абсолютное значение, вычисленное по формуле (6).

9.2.6 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если максимальное значение нелинейности амплитудной характеристики преобразователя не превышает  $\pm 5\%$ .

### 9.3 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики

9.3.1 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики преобразователя перемещений определяют на частотах октавного ряда в рабочем диапазоне частот при амплитуде виброперемещения не менее 400 мкм. На частотах, где технически невозможно получить указанное виброперемещение, амплитуду виброперемещения уменьшают вплоть до 20 мкм на частоте 500 Гц (200 м/с<sup>2</sup>). Частотный ряд, в котором определяют неравномерность АЧХ, должен включать в себя нижнее и верхнее значения частот рабочего диапазона преобразователя.

9.3.2 Устанавливают преобразователь на вибростол поверочной виброустановки и подключают его в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации на преобразователь. Задает значение виброперемещения последовательно на частотах рабочего диапазона преобразователя и измеряют напряжение на выходе усилителя-генератора. Для каждого значения частоты вычисляют значение коэффициента преобразования по формуле (5). Используя полученные значения коэффициентов преобразования  $K_{Di}$ , вычисляют их отклонения от действительного значения коэффициента преобразования, определенного на базовой частоте 40 Гц по формуле (6).

$$\gamma_i = \frac{K_{Di} - K_{D40}}{K_{D40}} \cdot 100\%, \quad (6)$$

9.3.3 Результаты поверки считают удовлетворительными, если неравномерность амплитудно-частотной характеристики не превышает  $\pm 5\%$  в диапазоне частот от 8 до 80 Гц включ. и  $\pm 15\%$  в диапазоне частот свыше 80 до 500 Гц.

### 9.4 Определение основной относительной погрешности измерений относительного статического осевого перемещения

9.4.1 Расчет основной относительной погрешности измерений относительного статического осевого перемещения производится на основе проведенных измерений (табл. 3) по формуле (7).

$$\gamma_{ст} = \frac{\frac{U_i - U_0}{K_{cp}} - (S_i - S_0)}{S_m} \cdot 100\%, \quad (7)$$

9.4.2 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если максимальное значение основной относительной погрешности измерений относительного статического осевого перемещения не превышает  $\pm 5\%$ .

### 9.5 Определение основной относительной погрешности измерений виброперемещения (размах) на базовой частоте

9.5.1 Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений виброперемещения (размах) на базовой частоте 40 Гц при доверительной вероятности  $P = 0,95$  определяются по формуле (8)

$$\delta_n = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_0^2 + \gamma_a^2}, \quad (8)$$



где  $\delta_0$  – погрешность поверочной виброустановки на частоте 40 Гц, %;

$\gamma_a$  – максимальное отклонение нелинейности амплитудной характеристики на базовой частоте 40 Гц (п. 9.2) приведенная к верхнему пределу измерений, вычисленная по формуле (9)

$$\gamma_a = \frac{U_i - S_i}{S_{max}} \cdot 100\%, \quad (9)$$

9.5.2 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если основная относительная погрешность измерений виброперемещения (размах) на базовой частоте не превышает  $\pm 5$  %.

## 10. Оформление результатов поверки

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

10.2 При отрицательных результатах поверки датчик к применению не допускается и на него оформляется извещение о непригодности.

10.3 Сведения о результатах поверки средств измерений в целях подтверждения поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.4 По заявлению владельца средств измерений или лица, представившего их на поверку в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие средств измерений метрологическим требованиям) выдает свидетельства о поверке, оформленные в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.