# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

# ВИБРОМЕТРЫ С ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ И ИНДУКЦИОННЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

## МИ 1873—88

25 коп. БЗ 1—89/9

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И СТАНДАРТАМ
Москва
1990

gost.e-ecolog.ru

УДК 534.647.089.6 : 006.354

Группа

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

# ВИБРОМЕТРЫ С ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ И ИНДУКЦИОННЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

Методика поверки

МИ 1873—88

ОКСТУ 0008

Настоящие методические указания (МИ) распространяются на виброметры с пьезоэлектрическими и индукционными виброизмерительными преобразователями (далее — виброметры), а также на пьезоэлектрические и индукционные виброизмерительные преобразователи (ВИП) и устанавливают методику их первичной и периодической поверок.

Состав виброметра: пьезоэлектрический или индукционный ВИП, измерительный прибор.

## 1. ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

1.1. При проведении поверки виброметров должны быть выполнены операции и применены средства поверки с характеристиками, указанными в табл. 1, при проведении поверки ВИП должны быть выполнены операции и применены средства поверки с характеристиками, указанными в табл. 2.

Индукционные ВИП поверяют только в комплекте с измерительным прибором виброметра.

Таблица 1

| Наименование операции | Номер пункта МИ | Наименование средств поверки и их нормативно-технические характеристики | Обязательность проведения операции при поверке | |
|---|---|---|---|---|
| | | | первичной | периодической |
| Внешний осмотр | 4.1 | — | Да | Да |
| Проверка электрического сопротивления изоляции | 4.2 | Тераомметр по ГОСТ 23706—79 | Да | Нет |
| Опробование | 4.4 | Образцовая вибрационная установка в соответствии с ГОСТ 8.138—84 | Да | Да |

© Издательство стандартов, 1990

*Продолжение табл. 1*

| Наименование операции | Номер пункта МИ | Наименование средств поверки и их нормативно-технические характеристики | Обязательность проведения операции при поверке | |
|---|---|---|---|---|
| | | | первичной | периодической |
| Определение * основной погрешности виброметра (в рабочем диапазоне амплитуд и частот) | 4.5.1 | Образцовая вибрационная установка, коэффициент гармоник по ускорению не более 5%, относительный коэффициент поперечного движения не более 15% | Да | Да |
| Проверка встроенных фильтров | 4.5.2 | Низкочастотный измерительный генератор, электронный вольтметр переменного тока, класс точности не менее 1 (см. приложение 3) | Да | Да |
| Определение ** неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) измерительного прибора виброметра | 4.5.3 | Низкочастотный измерительный генератор, электронный вольтметр переменного тока, класс точности не менее 1 (см приложение 3) | Да | Да |

* При значениях виброускорения более $1 \cdot 10^3$ м/с$^2$ допускается определять основную погрешность измерительного прибора виброметра в рабочем диапазоне амплитуд электрическими методами.

** Выполняют при поэлементной поверке виброметра для определения основной погрешности в рабочем диапазоне частот по п. 4.5.1.

Таблица 2

| Наименование операции | Номер пункта МИ | Наименование средств поверки и их нормативно-технические характеристики | Обязательность проведения операции при поверке | |
|---|---|---|---|---|
| | | | первичной | периодической |
| Внешний осмотр | 4.1 | — | Да | Да |
| Проверка * электрического сопротивления изоляции | 4.3 | Тераомметр по ГОСТ 23706—79 | Да | Да |
| Опробование | 4.4 | Образцовая вибрационная установка в соответствии с ГОСТ 8.138—84 | Да | Да |

*Продолжение табл. 2*

| Наименование операции | Номер пункта МП | Наименование средств поверки и их нормативно-технические характеристики | Обязательность проведения операции при поверке | |
|---|---|---|---|---|
| | | | первичной | периодической |
| Проверка * электрической емкости | 4.5.4 | Измерительный мост переменного тока по ГОСТ 9486—79 | Да | Нет |
| Проверка ** внутреннего сопротивления | 4.5.5 | Омметр по ГОСТ 23706—79 | Да | Да |
| Определение действительного значения коэффициента преобразования | 4.5.6 | Образцовая вибрационная установка в соответствии с ГОСТ 8.138—84, электронный вольтметр, класс точности не менее 1 (см. приложение 3) | Да | Да |
| Определение относительного коэффициента поперечного преобразования | 4.5.7 | То же | Да | Нет |
| Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) | 4.5.8 | » | Да | Да |
| Определение нелинейности амплитудной характеристики (АХ) | 4.5.9 | » | Да | Нет |
| Определение частоты установочного резонанса пьезоэлектрических ВИП | 4.5.10 | То же и осциллограф двухлучевой, диапазон частот до 200 кГц | Да | Нет *** |
| Определение частоты поперечного резонанса | 4.5.11 | — | Да | Нет |

* Проверяют только для пьезоэлектрических ВИП.

**Проверяют только для индукционных ВИП.

*** При периодической поверке допускается выполнение операций только по п. 4.5.8 или по п. 4.5.10 (в зависимости от наличия средств поверки).

1.2. Образцовые виброустановки, применяемые при поверке, должны иметь действующее свидетельство о государственной поверке (аттестации).

Примечание. При наличии разрешения органов Госстандарта СССР образцовые виброустановки могут быть аттестованы (поверены) головной ведомственной метрологической службой.

1.3. Электрическое сопротивление изоляции определяют только для виброметров с питанием от сети переменного тока.

1.4. Относительный коэффициент поперечного преобразования для виброметров с индукционным ВИП и электрической обратной связью не определяют.

1.5. Допускается поверять пьезоэлектрические ВИП вместе с согласующим усилителем (СУ) или вольтметром. В этом случае свидетельство о поверке выдается на комплект «ВИП-СУ» или «ВИП-вольтметр».

## 2. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

2.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие требования безопасности:

средства поверки и поверяемые средства, а также вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление;

поверители должны пользоваться средствами индивидуальной защиты от шума (наушники), которые снижают уровень шума не менее чем на 20 дБ (ГОСТ 12.1.003—83);

для проведения поверочных работ при необходимости должно быть выделено специальное помещение со звукоизоляцией, которая снижает уровень шума до допустимых пределов.

## 3. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

3.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

| | |
|---|---|
| температура окружающего воздуха, °С | $20^{+5}_{-2}$ |
| относительная влажность, % | $60 \pm 20$ |
| атмосферное давление, кПа | $101 \pm 4$ |
| отклонение напряжения питания от номинального значения, указанного в эксплуатационной документации (ЭД) на виброметр конкретного типа, %, не более | $\pm 10$ |
| частота переменного тока сети питания, Гц | $50 \pm 0{,}5$ |
| уровень звукового давления, дБ, не более | 60 |

3.2. Подготовка к поверке образцовых, поверяемых и вспомогательных средств, а также крепление поверяемых ВИП к вибровозбудителю образцовой виброустановки должны соответствовать требованиям ЭД на них.

## 4. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

4.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие виброметров и ВИП следующим требованиям:

отсутствие механических повреждений корпуса, соединительных кабелей и соединений;

наличие контрольных пломб, соответствие комплектности и маркировки требованиям, установленным в НТД или ЭД;

контактирующая поверхность ВИП должна быть очищенной от внешних загрязнений, не иметь царапин;

соединения не должны иметь видимых дефектов.

В случае несоответствия виброметра или ВИП хотя бы одному из вышеуказанных требований их признают непригодными к применению, поверку не проводят и выдают извещение о непригодности с указанием причин.

4.2. Проверка электрического сопротивления изоляции виброметра

При проверке электрического сопротивления изоляции виброметра между контактами кабеля сетевого питания и корпусом виброметра подключают тераомметр и измеряют сопротивление.

Сопротивление изоляции должно быть не менее предельно допустимого значения, указанного в ЭД.

4.3. Проверка электрического сопротивления изоляции ВИП

Перед проверкой снимают статический заряд с ВИП путем короткого замыкания сигнального контакта соединительного кабеля с корпусом.

ВИП с кабелем подключают ко входу тераомметра и измеряют электрическое сопротивление изоляции. Повторяют операцию снятия статического заряда с ВИП.

Если электрическое сопротивление изоляции ВИП меньше значения, указанного в ЭД, то ВИП считают неисправным и поверка прекращается.

4.4. Опробование

При опробовании поверяемого виброметра или ВИП необходимо провести следующие операции.

4.4.1. Метод 1. Устанавливают ВИП на образцовую виброустановку при помощи переходника или без него;

подключают ВИП соединительным кабелем ко входу измерительного прибора;

включают и прогревают приборы;

подают напряжение от генератора через усилитель мощности на виброустановку;

плавно увеличивают напряжение генератора до тех пор, пока сигнал на выходе ВИП не превысит уровень помех на 20 дБ, что служит критерием исправности виброметра и ВИП.

4.4.2. Метод 2 (допускаемый). Устанавливают стрелочный указатель измерительного прибора виброметра на нулевую или начальную отметку шкалы при выключенном питании виброметра;

после включения питания и прогрева в течение двух-трех минут постучать по преобразователю и убедиться в том, что это вызывает отклонение стрелки измерительного прибора.

Требования к конструкции переходника для крепления ВИП к образцовой виброустановке приведены в приложении 1.

4.5. Определение метрологических характеристик

4.5.1. *Определение основной погрешности виброметра*

Основную погрешность виброметра определяют:

1) в рабочем диапазоне амплитуд;

2) в рабочем диапазоне частот.

4.5.1.1. Основную погрешность виброметра в рабочем диапазоне амплитуд определяют на фиксированной частоте в диапазоне 10—1000 Гц не менее чем при пяти значениях амплитуд, равномерно распределенных по амплитудному диапазону, одно из которых должно быть минимальным, другое — максимально допустимым. Для многодиапазонных виброметров должно быть не менее одной точки в каждом диапазоне.

ВИП поверяемого виброметра устанавливают на вибровозбудитель образцовой виброустановки так, чтобы ось чувствительности ВИП совпадала с направлением колебаний и подсоединяют его ко входу измерительного прибора виброметра.

Устанавливают значение частоты, виброперемещения, виброскорости и виброускорения (в зависимости от того, какой параметр вибрации измеряют) и отсчитывают показания виброметра.

Для виброустановок, воспроизводящих один из параметров, градуировку (в случае необходимости) по другим параметрам проводят косвенным путем.

По результатам каждого измерения определяют основную погрешность виброметра ($\delta_a$) в процентах по формуле

$$\delta_a = \frac{v_п - v_д}{v_д} \cdot 100. \qquad (1)$$

Если для виброметра нормируют основную приведенную погрешность ($\delta_{aN}$), то ее определяют в процентах по формуле

$$\delta_{aN} = \frac{v_п - v_д}{v_N} \cdot 100, \qquad (2)$$

где $v_д$ — значение параметра вибрации, воспроизводимое образцовой виброустановкой;

$v_п$ — соответствующее показание виброметра;

$v_N$ — нормированное значение шкалы виброметра для каждого диапазона, для которого определяют основную погрешность.

Если поверяемый виброметр отградуирован в децибелах, то его основную погрешность ($\delta_a'$) определяют по формуле

$$\delta_a' = v_п' - v_д'^*.$$

Числовое значение $v_д$ должно выражать амплитудное, среднее квадратическое или среднее значение измеряемой величины (виброперемещения, виброскорости или виброускорения) в зависимости от градуировки шкалы измерительного прибора виброметра.

Если виброметр имеет цифровой отсчет, то его выходной электрический сигнал должен соответствовать требованиям нормативно-технической документации.

Если поверяемый виброметр измеряет среднее квадратическое, амплитудное или среднее значение параметров вибрации (виброперемещение, виброскорость и виброускорение), то основную погрешность определяют для каждого параметра вибрации.

Если в комплект виброметра входит несколько ВИП и в виброметре не предусмотрена индивидуальная регулировка коэффициента передачи (результат измерения определяют при помощи поправочного коэффициента), то значение основной погрешности определяют в процентах по формуле

$$\delta_a = \frac{K_i v_п - v_д}{v_д} \cdot 100 \qquad (3)$$

или в децибелах

$$\delta_a' = K_i' + v_п' - v_д', \qquad (4)$$

где $K_i$, $K_i'$ — поправочные коэффициенты:

$$K_i = \frac{v_{п0}}{v_{пi}}, \quad K_i' = v_{п0}' - v_{пi}',$$

где $v_{п0}$, $v_{п0}'$ — значение показаний виброметра для ВИП, по которому проведена регулировка канала измерения:

$v_{пi}$, $v_{пi}'$ — показания виброметра для прочих ВИП.

При этом допускается определять основную погрешность при измерении каждого параметра вибрации и каждого из значений (среднее квадратическое, амплитудное или среднее) параметров вибрации только с одним ВИП. С остальными ВИП, входящими в комплект, определяют основную погрешность по п. 4.5.1.1 только при измерении одного из значений виброперемещения, виброскорости и виброускорения. При этом переключатель пределов измеряемых параметров вибрации может стоять в любом положении.

---

* Здесь и далее значения величин, выраженные в децибелах, отмечены знаком «'».

4.5.1.2. Основную погрешность виброметра в рабочем диапазоне частот определяют при близких к постоянным значениям виброперемещения, виброскорости и виброускорения, воспроизводимых образцовой виброустановкой (в зависимости от того, какую физическую величину измеряют виброметром) не менее чем при 10 значениях частоты, находящихся в пределах рабочего диапазона частот виброметра или в непрерывном спектре частот.

При этом два значения частоты должны быть в начале диапазона, два — в конце диапазона (обязательно наличие нижней и верхней граничной частоты). При периодической поверке значения частот следует выбирать из ряда: 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,1; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16; 20; 25; 31; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000; 10 000; 12 500; 16000; 20 000 Гц с интервалом не более октавы. Допускается отклонение частот от значений указанного ряда при сохранении интервала между соседними частотами не более октавы.

На частотах выше 20 Гц значение амплитуды виброускорения должно быть не менее 8 м/с$^2$.

На частотах ниже 20 Гц допускается определять основную погрешность виброметра при меньших значениях виброускорения или косвенным методом при соотношении значения сигнал/шум не менее значений, указанных в нормативно-технической документации.

При первичной поверке обязательно наличие значений вышеуказанного ряда частот, лежащих в рабочем диапазоне частот виброметра.

ВИП поверяемого виброметра устанавливают на вибровозбудитель и подсоединяют его выход ко входу измерительного прибора виброметра (встроенные фильтры, если есть возможность, отключают). Воспроизводят указанные значения частот и амплитуд параметров вибрации и снимают показания виброметра.

Основную погрешность виброметра в рабочем диапазоне частот ($\delta_f$) в процентах определяют по формуле (при постоянном значении воспроизводимой амплитуды вибрации)

$$\delta_f = \frac{v_n - v_\varepsilon}{v_\varepsilon} \cdot 100, \qquad (5)$$

где $v_n$ — максимальное и минимальное показания виброметра;

$v_\varepsilon$ — показание виброметра на фиксированной частоте, на которой определяли основную погрешность в диапазоне амплитуд, п. 4.5.1.1.

Если поверяемый виброметр отградуирован в децибелах, то основную погрешность ($\delta_f'$) определяют по формуле

$$\delta_f' = v_n' - v_\varepsilon'. \qquad (6)$$

Если значение амплитуды воспроизводимого параметра вибрации изменяется в зависимости от частоты, то основную погрешность виброметра в диапазоне частот ($\delta_f$) в процентах определяют по формуле

$$\delta_f = \frac{K_f v_n - v_i}{v_\delta} \cdot 100 \qquad (7)$$

или в децибелах

$$\delta_f' = K_f' + v_n' - v_i', \qquad (8)$$

где

$$K_f = \frac{a_\delta}{a_n}; \quad K_f' = a_\delta' - a_n';$$

$a_\delta$, $a_n$ — значение виброускорения (виброперемещения, виброскорости), воспроизводимое на базовой частоте и частоте измерения из вышеуказанного ряда.

Если виброметром измеряют среднее квадратическое, амплитудное или среднее значение параметров вибрации, то основную погрешность определяют для каждого параметра.

Если виброметр укомплектован несколькими ВИП, то операции по определению основной погрешности виброметра в рабочем диапазоне частот проводят для каждого ВИП.

4.5.2. *Проверка встроенных фильтров*

Проверку встроенных фильтров проводят для виброметров с октавными, третьоктавными и полосовыми фильтрами.

При проверке октавных и третьоктавных фильтров определяют затухание на средней номинальной частоте и амплитудно-частотную характеристику фильтра в соответствии с требованиями ГОСТ 17168—82.

У полосовых фильтров проверяют затухание АЧХ в области верхних и нижних частот среза в соответствии с требованиями ЭД.

При определении характеристик фильтров у виброметров, измеряющих виброперемещение, виброскорость и виброускорение, переключатель рода измеряемого параметра устанавливают в положение измерения ускорения.

Если при помощи виброметра определяют среднее квадратическое, амплитудное и среднее значение (или два из них), то встроенные фильтры проверяют при измерении одного из этих значений.

Характеристики встроенных октавных и третьоктавных фильтров должны соответствовать ГОСТ 17168—82, а полосовых — требованиям ЭД.

Примечание. Встроенные фильтры могут быть поверены метрологической службой (МС) предприятия-владельца прибора. Тогда, в случае наличия свидетельства о поверке, проверку встроенных фильтров при периодической поверке не проводят.

4.5.3. *Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики измерительного прибора виброметра*

Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) измерительного прибора виброметра (ИПВ) определяют не менее чем при 10 значениях частоты, находящихся в пределах рабочего диапазона частот виброметра или в непрерывном спектре частот. При этом два значения частоты должны быть в начале диапазона, два в конце диапазона (обязательно наличие верхней и нижней граничных частот). Значения частот выбирают из ряда, указанного в п. 4.5.1.2.

При определении АЧХ ИПВ на его вход подают сигнал от низкочастотного измерительного генератора через разделительный конденсатор, емкость которого равна электрической емкости ВИП с электрическим кабелем, с сопротивлением изоляции не менее $1 \cdot 10^{10}$ Ом. Значение амплитуды напряжения, подаваемого на вход ИПВ, должно соответствовать значениям виброперемещения, виброскорости и виброускорения, задаваемым при определении основной погрешности виброметра на базовой частоте.

Изменяя частоту от нижнего граничного значения рабочего диапазона до верхнего при постоянной амплитуде задаваемого напряжения снимают показания ИПВ. Неравномерность АЧХ ИПВ ($\gamma_{ипв}$) в процентах отпределяют по формуле

$$\gamma_{ипв} = \frac{\Delta v_{max}}{v_{\delta}} \cdot 100, \qquad (9)$$

где $\Delta v_{max}$ — максимальное отклонение показаний ИПВ от значения, полученного на базовой частоте.

Если ИПВ отградуирован в децибелах, то неравномерность АЧХ определяют по формуле

$$\gamma'_{ипв} = v'_{max} - v'_{\delta}, \qquad (10)$$

где $v'_{max}$ — показание ИПВ, соответствующее максимальному отклонению от показания, полученного на базовой частоте, дБ;

$v'_{\delta}$ — показания ИПВ на базовой частоте, дБ.

При наличии различных значений (среднее квадратическое, амплитудное и среднее значения) параметров вибраций измеряемых величин и различных параметров вибрации (виброперемещение, виброскорость, виброускорение) неравномерность АЧХ ИПВ определяют только для одного из значений каждого параметра вибрации.

Если виброметр укомплектован вибропреобразователями нескольких типов, то неравномерность АЧХ ИПВ определяют с эквивалентными емкостями, соответствующими ВИП каждого типа.

Неравномерность АЧХ ИПВ не должна превышать значения, регламентированного в ЭД.

4.5.4. *Определение электрической емкости пьезоэлектрического ВИП*

ВИП с соединительным кабелем подключают ко входу низкочастотного измерительного моста переменного тока. Измеряют электрическую емкость ВИП с кабелем. Затем таким же образом определяют емкость соединительного кабеля, предварительно отсоединив его от ВИП. Емкость ВИП есть разность между первым и вторым измерениями.

Если ВИП имеет неразъемный кабель, то электрическую емкость кабеля не определяют.

Значение электрической емкости ВИП должно соответствовать указанному в ЭД.

4.5.5. *Проверка внутреннего сопротивления индукционного ВИП*

К контактам разъема, соединенным с сигнальной катушкой индукционного ВИП, подключают омметр и измеряют внутреннее сопротивление сигнальной катушки.

Если сигнальная катушка имеет внутреннее сопротивление меньше значения, указанного в ЭД, то ВИП считают неисправным и поверку прекращают.

4.5.6. *Определение действительного значения коэффициента преобразования ВИП*

Поверяемый ВИП устанавливают на вибровозбудитель образцовой виброустановки, соединяют выход ВИП со входом электронного вольтметра (для пьезоэлектрических ВИП электронный вольтметр может быть присоединен через СУ).

Требования к электронному вольтметру приведены в приложении 3.

Воспроизводят виброускорение с амплитудой не менее 10 м/с$^2$ на фиксированной (базовой) частоте в диапазоне 20—1000 Гц для пьезоэлектрических ВИП и значение виброскорости не менее 6,28 мм/с на фиксированной частоте в диапазоне 50—200 Гц для индукционных ВИП и снимают показания вольтметра.

Действительное значение коэффициента преобразования ВИП (для пьезоэлектрических и индукционных соответственно) определяют по формуле

$$K_{да}=\frac{U_б}{\tau_{СУ}a_д} \text{ и } K_{дv}=\frac{U_б}{v_д}, \qquad (11)$$

где $K_{да}$, $K_{дv}$ — действительное значение коэффициента преобразования по ускорению, мВ/мс$^{-2}$ (пКл/мс$^{-2}$), и по скорости, мВ/ммс$^{-1}$ (мВ/мс$^{-1}$), соответственно;

$U_б$ — показания электронного вольтметра на базовой частоте, мВ;

$a_д$ — действительное значение виброускорения, воспроизводимое образцовой виброустановкой, м/с²;

$v_д$ — действительное значение виброскорости, мм/с (м/с);

$\gamma_{су}$ — коэффициент передачи СУ (при отсутствии СУ $\gamma_{су}=1$).

Если коэффициент преобразования пьезоэлектрического ВИП должен быть выражен в единицах заряда, то его действительное значение $K_{да}$ вычисляют по формуле

$$K_{да}=10^{-3}\cdot\frac{U_б\cdot C}{a_д}, \qquad (12)$$

где $C$ — емкость пьезоэлектрического ВИП с кабелем, определенная в п. 4.5.4, пФ.

Если коэффициент преобразования пьезоэлектрического ВИП превышает 100 мВ/мс$^{-2}$ (пКл/мс$^{-2}$), допускается определять его при ускорениях не менее 4 мс$^{-2}$, для ВИП с коэффициентом 1000 мВ/мс$^{-2}$ (пКл/мс$^{-2}$) — при ускорениях не менее 1 мс$^{-2}$, а для ВИП с коэффициентом 0,01 мВ/мс$^{-2}$ (пКл/мс$^{-2}$) — при ускорениях выше 100 мс$^{-2}$ на базовой частоте более 1000 Гц.

Действительное значение коэффициента преобразования ВИП должно соответствовать значению, указанному в ЭД.

4.5.7. *Определение относительного коэффициента поперечного преобразования ВИП*

Относительный коэффициент поперечного преобразования ВИП измеряют на фиксированной частоте в диапазоне 10—1000 Гц. Значения виброускорения для пьезоэлектрических ВИП и виброскорости для индукционных ВИП не должны превышать предельно допустимых значений для ВИП в поперечном направлении и должны быть выбраны так, чтобы отношение «сигнал/шум» на выходе ВИП было не менее 14 дБ.

Поверяемый ВИП устанавливают на вибровозбудитель образцовой виброустановки при помощи специального переходника так, чтобы ось чувствительности ВИП была перпендикулярна к направлению колебаний, и подсоединяют ВИП к входу вольтметра непосредственно или через СУ. Переходник должен обеспечивать поворот ВИП относительно его оси чувствительности на 360° через 30° (в обоснованных случаях — 45°).

Требования к переходнику приведены в приложении 1.

Воспроизводят виброускорение или виброскорость (для индукционного ВИП) и снимают показания электронного вольтметра при положениях ВИП, соответствующих его повороту вокруг оси чувствительности на 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330°. Результаты измерений записывают в протокол (см. приложение 2) и, при необходимости, строят диаграмму.

Относительный коэффициент поперечного преобразования ($K_{оп}$) в процентах определяют по формуле

$$K_{оп\,а}=\frac{U_{max}}{\gamma_{су}\cdot a_д\cdot K_{д\,а}}\cdot 100 \qquad (13)$$

или

$$K_{оп\,v}=\frac{U_{max}}{v_д\cdot K_{д\,v}}\cdot 100,$$

где $U_{max}$ — показание электронного вольтметра (максимальное значение), мВ.

Максимальное значение относительного коэффициента поперечного преобразования ВИП не должно превышать значения, указанного в ЭД.

4.5.8. *Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики ВИП*

Неравномерность АЧХ ВИП определяют на фиксированных частотах (не менее 10 частот) или в непрерывном спектре во всем рабочем диапазоне при значении виброскорости не менее 3 мм/с или виброускорения — не менее 8 м/с$^2$. Предпочтительными являются значения виброскорости и виброускорения, при которых определялись $K_{да}$ и $K_{дv}$ по п. 4.5.6. Значения частот выбирают из ряда, приведенного в п. 4.5.1.2, начиная с 10 Гц. При этом по два значения должны быть в начале и в конце частотного диапазона (обязательно наличие верхней и нижней граничной частоты).

Поверяемый ВИП устанавливают на вибровозбудитель образцовой виброустановки и подключают к электронному вольтметру непосредственно или через согласующий усилитель.

Воспроизводят постоянную амплитуду виброускорения или виброскорости на различных частотах и снимают показания вольтметра.

Неравномерность АЧХ ВИП ($\gamma$) в процентах определяют по формуле

$$\gamma=\frac{|U_п-U_{ст}|_{max}}{U_п}\cdot 100, \qquad (14)$$

где $U_п$ — максимальное или минимальное показание электронного вольтметра, мВ.

Значение неравномерности АЧХ ВИП должно соответствовать указанному в ЭД.

4.5.9. *Определение нелинейности амплитудной характеристики ВИП*

Нелинейность амплитудной характеристики ВИП определяют на одной из частот рабочего диапазона не менее чем при пяти значениях виброускорения или виброскорости, одно из которых

должно равняться максимально допустимому значению для ВИП, а другое — значению виброускорения или виброскорости, при котором определяли действительное значение коэффициента преобразования ВИП.

Поверяемый ВИП устанавливают на вибровозбудитель образцовой виброустановки, подключают к электронному вольтметру непосредственно или через СУ. Воспроизводят значение частоты и виброускорения или виброскорости, снимают показания вольтметра.

Нелинейность амплитудной характеристики ($\delta_a$) в процентах определяют по формуле

$$\delta_a = \frac{K_i - K_{ср}}{K_{ср}} \cdot 100, \qquad (15)$$

где $K_i$ — коэффициент преобразования при $i$-том значении виброускорения или виброскорости, мВ/мс$^{-2}$ (пКл/мс$^{-2}$), мВ/ммс$^{-1}$ (мВ/мс$^{-1}$);

$K_{ср}$ — среднее значение коэффициента преобразования и

$$K_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_i}{n},$$

где $n$ — число измерений.

Значение максимальной нелинейности АХ ВИП не должно превышать значения, указанного в ЭД.

4.5.10. *Определение частоты установочного резонанса пьезоэлектрических ВИП*

Для определения частоты установочного резонанса ВИП применяют пьезоэлектрические или электродинамические вибровозбудители.

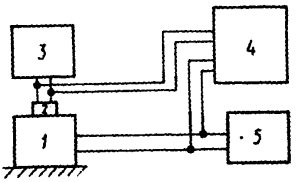
Крепление ВИП к вибровозбудителю должно осуществляться в соответствии с требованиями НТД на ВИП. В отдельных случаях допускается применять переходник, не вносящий резонанс в диапазоне исследуемых частот. Резонансная частота системы «вибровозбудитель — образцовый ВИП» должна быть не менее чем в 1,2 раза больше резонансной частоты поверяемого ВИП.

ВИП устанавливают на вибровозбудитель образцовой виброустановки, подсоединяют его к входу вольтметра. Сигнал с ВИП подают также на вертикальные пластины двухлучевого осциллографа, на горизонтальные пластины которого подают сигнал с генератора частоты.

Схема соединения средств поверки приведена на чертеже.

Изменяя частоту колебаний вибровозбудителя при постоянном значении виброускорения, отмечают значение частоты, при котором показание электронного вольтметра максимально, а на экране осциллографа наблюдают изменение фазы сигнала с по-

веряемого ВИП на 90° по сравнению с сигналом задающего генератора.




*1* — вибровозбудитель; *2* — поверяемый ВИП; *3* — вольтметр; *4* — осциллограф; *5* — генератор частоты

Значение частоты установочного резонанса ВИП не должно отличаться от указанного в ЭД на ВИП.

4.5.11. *Определение частоты поперечного резонанса ВИП*

Частоту поперечного резонанса ВИП определяют методом, изложенным в п. 4.5.10, при этом ВИП должен быть закреплен на вибровозбудителе (можно при помощи переходника) так, чтобы ось чувствительности ВИП была перпендикулярна к направлению колебаний, а направление максимальной поперечной чувствительности совпадало с направлением колебаний.

Значение частоты поперечного резонанса ВИП не должно отличаться от указанного в ЭД на ВИП.

## 5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

5.1. Расчет погрешности ВИП

Расчет погрешности ВИП ($\Delta_{\text{вип}}$) проводят при доверительной вероятности 0,95 по формуле

$$\Delta_{\text{вип}} = 1{,}1\sqrt{\delta_0^2 + \Delta_{\text{п}}^2 + \gamma^2 + \delta_{a\,\max}^2 + \Delta_{\text{в}}^2}, \qquad (16)$$

где $\delta_0$ — погрешность образцового средства измерения;

$\Delta_{\text{п}}$ — погрешность, вызванная наличием поперечного движения вибростола образцовой виброустановки и $\Delta_{\text{п}} = K_{\text{пв}} \cdot K_{\text{оп}}$,

где $K_{\text{пв}}$ — коэффициент, характеризующий поперечное движение вибровозбудителя;

$K_{\text{оп}}$ — относительный коэффициент поперечного преобразования ВИП;

$\Delta_{\text{в}}$ — погрешность измерительного прибора (вольтметра).

Если определяют частоту установочного резонанса $f_{уст}$ по п. 4.5.10, то неравномерность АЧХ ВИП $\gamma$ в диапазоне частот при периодической поверке вычисляют в процентах по формуле

$$\gamma=\left[\frac{1}{1-\left(\frac{f_{max}}{f_{уст}}\right)^2}-1\right]\cdot 100, \qquad (17)$$

где $f_{max}$ — верхняя граничная частота.

Предел погрешности ВИП не должен превышать значений, указанных в ЭД, и предела допускаемой погрешности, указанного в ГОСТ 8.138—84.

5.2. Расчет погрешности виброметра

Расчет погрешности виброметра ($\Delta_{вб}$) проводят при доверительной вероятности 0·95 по формуле

$$\Delta_{вб}=1{,}1\sqrt{\delta_0^2+\Delta^2+\nu_1^2}, \qquad (18)$$

где $\Delta$ — основная погрешность виброметра в рабочих диапазонах амплитуд и частот ($\Delta=\sqrt{\delta_a^2+\delta_f^2}$);

$\nu_1$ — нестабильность виброметра за время работы и $\nu_1=0{,}5\ \Delta$.

При поэлементной поверке виброметра погрешности рассчитывают по формуле

$$\Delta_{вб}=1{,}1\sqrt{\Delta_{вип}^2+\gamma_{ипв}^2+\nu_2^2}, \qquad (19)$$

где $\nu_2$ — нестабильность измерительного прибора виброметра за время работы и $\nu_2=0{,}5\gamma_{ипв}$.

Предел погрешности виброметра не должен превышать значения, указанного в ЭД, и предела допускаемой погрешности, указанного в ГОСТ 8.138—84.

## 6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1. На виброметры и ВИП, признанные годными, выдается свидетельство о поверке по форме, установленной Госстандартом СССР. На обратной стороне свидетельства записывают результаты поверки по форме, приведенной в приложениях 4,5.

6.2. Виброметры и ВИП, не удовлетворяющие требованиям настоящих методических указаний, к выпуску и применению не допускаются, на них выдается свидетельство о непригодности с указанием причин.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 1*

*Обязательное*

**1. Требования к конструкции переходника**

1.1. Конструкцией переходника должно быть обеспечено такое крепление поверяемого ВИП к вибровозбудителю образцовой виброустановки, которое будет использоваться при работе ВИП на объекте. Крепление переходника к вибровозбудителю должно обеспечиваться при помощи резьбового соединения.

Примечание. В технически обоснованных случаях для крепления ВИП к вибровозбудителю или переходнику, кроме резьбового крепления, при помощи шпильки допускается применять жесткие клеевые соединения (например цианакрин).

1.2. Конструкцией переходника должно быть обеспечено соосное расположение поверяемого и образцового ВИП при поверке методом сличения.

1.3. Допускаемое отклонение направления оси чувствительности ВИП (образцового и поверяемого) от направления колебаний вибровозбудителя не должно превышать 0,5°.

1.4. Резьбовые крепления ВИП и переходника должны быть выполнены по отношению к посадочным плоскостям под углом (90±0,5) °.

1.5. Параметр шероховатости $R_a$ контактирующих поверхностей переходника — не более 0,16 мкм.

1.6. Отклонение от плоскостности контактирующих поверхностей переходника и ВИП не должно быть более 0,01.

1.7. Конструкцией переходника должно быть обеспечено минимальное расстояние между образцовым и поверяемым ВИП во избежание возникновения в этом промежутке резонансных явлений.

1.8. Масса переходника с установленным на нем поверяемым и образцовым ВИП не должна превышать массы, обусловленной грузоподъемностью вибровозбудителя образцовой виброустановки в заданном диапазоне частот.

**2. Дополнительные требования к конструкции переходника для определения относительного коэффициента поперечного преобразования ВИП.**

2.1. Требования по пп. 1.4—1.8 настоящего приложения.

2.2. Переходник должен обеспечивать крепление поверяемого ВИП к вибровозбудителю так, чтобы ось чувствительности ВИП располагалась относительно направления колебаний вибровозбудителя под углом (90±0,5) °.

2.3. Переходник должен обеспечивать поворот поверяемого ВИП вокруг его оси чувствительности на 360° через 30°.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 2*

*Рекомендуемое*

## ФОРМА

**протокола определения относительного коэффициента поперечного преобразования ВИП**

## ПРОТОКОЛ

**определения относительного коэффициента поперечного преобразования виброизмерительного преобразователя**

№ _____ типа._____ на образцовой виброустановке

№ _____ типа

1. Воспроизводимое виброускорение $a_д$.
2. Действительное значение коэффициента преобразования $K_д$.
3.

| Угол поворота | 0° | 30° | 60° | ... | ... | 360° |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Выходное напряжение, В | | | | | | |

4. Относительный коэффициент поперечного преобразования не более.....,

*ПРИЛОЖЕНИЕ 3*

*Обязательное*

## ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОННОМУ ВОЛЬТМЕТРУ, ПРИМЕНЯЕМОМУ ДЛЯ ПОВЕРКИ ВИП

1. Входное сопротивление (на базовой частоте ВИП) должно быть не менее 20 Мом.
2. Входная емкость должна быть не более 20 пФ.
3. Нижний предел измеряемых напряжений должен быть не более 1 мВ.
4. Погрешность не должна превышать погрешности электронного вольтметра класса точности 1.
5. Вольтметр должен иметь выход по переменному напряжению от внутреннего усилителя.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 4*
*Рекомендуемое*

**ФОРМА**

**записи на обратной стороне свидетельства о поверке виброметра**

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

1. Максимальное значение основной погрешности виброметра в рабочем диапазоне частот и амплитуд
по виброускорению, %, не более . . . . . .
по виброскорости, %, не более . . . . . .
по виброперемещению, %, не более . . . . . .
2. Погрешность виброметра по виброускорению в диапазоне частот..... Гц не более ... %, по виброскорости в диапазоне частот .... Гц не более ... %, по виброперемещению в диапазоне частот ..... Гц не более ... %.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 5*
*Рекомендуемое*

**ФОРМА**

**записи на обратной стороне свидетельства о поверке ВИП**

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

1. Действительное значение коэффициента преобразования на базовой частоте ... Гц: $K_д$ . . . . . .
2. Неравномерность АЧХ . . . . . .
3. Нелинейность * АХ . . . . . .
4. Погрешность ВИП в диапазоне частот ... Гц, в диапазоне амплитуд ..., $м/с^2$, мм/с не более ... % при доверительной вероятности 0,95.

* Определяют только при первичной поверке.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 6*
*Справочное*

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Рабочий диапазон — область значений измеряемого параметра вибрации, для которой нормированы допускаемые погрешности.

Базовая частота — частота, на которой коэффициент преобразования ВИП определяется с максимальной точностью.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАНЫ Научно-производственным объединением «Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева» (НПО «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»).

   РАЗРАБОТЧИКИ

   В. Я. Смирнов, канд. техн. наук (руководитель темы); З. М. Лейкум

2. УТВЕРЖДЕНЫ НПО «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» 31.03.88.

3. Зарегистрированы ВНИИМС 21.06.88.

4. ВЗАМЕН ГОСТ 8.245—77 и ГОСТ 8.246—77

5. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

| Обозначение НТД, на который дана ссылка | Номер пункта |
|---|---|
| ГОСТ 8.138—84 | 1.1, табл. 1 и 2; 5.1; 5.2 |
| ГОСТ 12.1.003—83 | 2.1 |
| ГОСТ 9486—79 | 1.1, табл. 2 |
| ГОСТ 17168—82 | 4.5.2 |
| ГОСТ 23706—79 | 1.1, табл. 1, 2 |

Редактор *Т. С. Шеко*
Технические редакторы *О. Н. Никитина, М. И. Максимовс*
Корректор *В. И. Кануркина*

Сдано в наб. 15.01.90 Подп. в печ. 01.06.90 Формат 60×90¹/₁₆
Бумага типографская № 1 Гарнитура литературная Печать высокая 1,5 усл. п. л.
1,5 усл. кр.-отт. 1,33 уч.-изд. л. Тир. 10 000 Зак 1526 Цена 25 к. Изд. № 484/4

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3.
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru