

ООО «ТД «Технекон»

Код ОКП 42 7730

«СОГЛАСОВАНО»

Заместитель директора

ФГУП «ВНИИМС»

В.Н.Яншин



2014 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

ООО «ТД «Технекон»

В.В. Тимофеев



2014 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

## ИЗМЕРИТЕЛЬ ВИБРАЦИИ МНОГОКАНАЛЬНЫЙ АСТД-2М

Методика поверки измерительных каналов

КЕДР.468266.003 МП

2014

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ .....</b>	<b>5</b>
<b>2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.....</b>	<b>6</b>
<b>3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ.....</b>	<b>10</b>
<b>4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ .....</b>	<b>10</b>
<b>5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ .....</b>	<b>11</b>
<b>6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ .....</b>	<b>12</b>
<b>7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР .....</b>	<b>13</b>
<b>8 ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ.....</b>	<b>14</b>
<b>9 ПРОВЕРКА ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ДАННЫХ ПО.....</b>	<b>15</b>
<b>10 ПРОВЕРКИ ДЛЯ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЙ ВИБРОУСКОРЕНИЯ / ВИБРОСКОРОСТИ С ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ .....</b>	<b>16</b>
10.1    Подготовка к проверке канала и общие указания .....	16
10.2    Определение уровня собственного шума канала .....	18
10.3    Определение основной погрешности канала .....	19
10.4    Определение неравномерности АЧХ канала.....	22
<b>11 ПРОВЕРКИ ДЛЯ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЙ ВИБРОУСКОРЕНИЯ / ВИБРОСКОРОСТИ БЕЗ ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ .....</b>	<b>25</b>
11.1    Подготовка к проверке канала и общие указания .....	25
11.2    Определение уровня собственного шума канала .....	28
11.3    Определение основной относительной погрешности канала .....	28
11.4    Определение неравномерности АЧХ канала.....	31
<b>12 ПРОВЕРКИ ДЛЯ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ С ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ .....</b>	<b>33</b>
12.1    Особенности проведения поверки без демонтажа первичных вихревых преобразователей .....	33
12.2    Определение активного сопротивления и резонансной частоты первичных вихревых преобразователей .....	33
12.3    Определение уровня собственного шума канала.....	36
12.4    Определение основной приведенной погрешности измерений общего отклонения .....	39
12.5    Определение неравномерности АЧХ измерений общего отклонения .....	42

12.6	ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗРЕШЕНИЯ (ПОРОГА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ) ИЗМЕРЕНИЙ ОБЩЕГО ОТКЛОНЕНИЯ.....	44
12.7	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОЙ ПРИВЕДЕННОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ СМЕЩЕНИЯ (ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ) .....	46
12.8	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОЙ ПРИВЕДЕННОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОПЕРЕМЕЩЕНИЯ .....	50
12.9	ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ АЧХ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОПЕРЕМЕЩЕНИЯ.....	55
<b>13</b>	<b>ПРОВЕРКИ ДЛЯ КАНАЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ БЕЗ ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ .....</b>	<b>59</b>
13.1	ПОДГОТОВКА К ПРОВЕРКЕ КАНАЛА .....	59
13.2	ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ СОБСТВЕННОГО ШУМА КАНАЛА.....	60
13.3	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОЙ ПРИВЕДЕННОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ СМЕЩЕНИЯ (ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ) ВАЛА.....	61
13.4	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОЙ ПРИВЕДЕННОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОПЕРЕМЕЩЕНИЯ .....	62
13.5	ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ АЧХ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОПЕРЕМЕЩЕНИЯ.....	64
<b>14</b>	<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОЙ ПОГРЕШНОСТИ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ.....</b>	<b>65</b>
<b>15</b>	<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИВЕДЕННОЙ ПОГРЕШНОСТИ СРАБАТЫВАНИЯ СИГНАЛИЗАЦИИ КАНАЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ .....</b>	<b>71</b>
<b>16</b>	<b>ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....</b>	<b>75</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЫ ТЕСТОВОГО ПЕРВИЧНОГО ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ .....</b>		<b>76</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2. СХЕМА ПРОВЕРКИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ В СТАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ.....</b>		<b>78</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 3. СХЕМА ПРОВЕРКИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НА ДИНАМИЧЕСКОМ ВИБРОСТЕНДЕ .....</b>		<b>80</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Настоящая Методика поверки измерительных каналов распространяется на измерительные каналы измерителя вибрации многоканального АСТД-2М (далее по тексту - измеритель) и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Межпроверочный интервал измерителя - два года.

Перечень документов, на которые даются ссылки в тексте настоящей методики:

1. ГОСТ Р 8.596-2002 Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения.
2. ГОСТ Р 8.800-2012. Государственная поверочная схема для средств измерений виброперемещения, виброскорости и виброускорения в диапазоне частот от  $1 \cdot 10^{-1}$  до  $2 \cdot 10^4$  Гц.
3. ГОСТ Р 8.669-2009. Виброметры с пьезоэлектрическими, индукционными и вихревиковыми вибропреобразователями. Методика поверки.
4. Измеритель вибрации многоканальный АСТД-2М. Руководство по эксплуатации. КЕДР.468266.003 РЭ.
5. Измеритель вибрации многоканальный АСТД-2М. Паспорт. КЕДР.468266.003 ПС.
6. ГОСТ 23706-93 (МЭК 51-6-84). Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 6. Особые требования к омметрам (приборам для измерения полного сопротивления) и приборам для измерения активной проводимости.
7. ГОСТ 12.2.007.0-75. Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

Используемая терминология соответствует ГОСТ Р 8.669-2009.

## 1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки измерительных каналов измерителя должны быть выполнены операции, указанные в Таблица 1.

1.2 Если вибропреобразователь (ВИП) не входит в состав измерительного канала, то проверки выполняются для измерительной цепи канала (без вибропреобразователя).

1.3 После ремонта или замены ВИП или любого компонента, входящего в измерительную цепь канала, поверку канала выполняют по пунктам первичной поверки.

**Таблица 1 – Операции поверки измерительных каналов измерителя**

Наименование операции	Номер пункта настоящего документа	Проведение операции при	
		первич-ной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7	да	да
2 Проверка электрического сопротивления изоляции	8	да	да
3 Проверка идентификационных данных ПО	9	да	да
4 Проверки для канала измерений виброускорения / виброскорости с вибропреобразователем	10		
4.1 Определение уровня собственного шума канала	10.2	да	да
4.2 Определение основной погрешности канала	10.3	да	да
4.3 Определение неравномерности АЧХ канала	10.4	да	нет
5 Проверки для канала измерений виброускорения / виброскорости без вибропреобразователя	11		
5.1 Определение уровня собственного шума канала	11.2	да	да
5.2 Определение основной относительной погрешности канала	11.3	да	да
5.3 Определение неравномерности АЧХ канала	11.4	да	нет
6 Проверки для канала измерений относительного перемещения с вибропреобразователем	12		
6.1 Определение активного сопротивления и резонансной частоты первичных вихревых преобразователей	12.2	да	да

<b>Наименование операции</b>	<b>Номер пункта настоящего документа</b>	<b>Проведение операции при</b>	
		<b>первичной поверке</b>	<b>периодической поверке</b>
6.2 Определение уровня собственного шума канала	12.3	да	да
6.3 Определение основной приведенной погрешности измерений общего отклонения	12.4	да	да
6.4 Определение неравномерности АЧХ измерений общего отклонения	12.5	да	нет
6.4 Определение разрешения (порога чувствительности) измерений общего отклонения	12.6	да	нет
6.5 Определение основной приведенной погрешности измерений смещения (относительного положения)	12.7	да	да
6.6 Определение основной приведенной погрешности измерений параметров виброперемещения	12.8	да	да
6.7 Определение неравномерности АЧХ измерений параметров виброперемещения	12.9	да	нет
<b>7 Проверки для каналов измерений относительного перемещения без вибропреобразователя</b>	<b>13</b>		
7.1 Определение уровня собственного шума канала	13.2	да	да
7.2 Определение основной приведенной погрешности измерений смещения (относительного положения) вала	13.3	да	да
7.3 Определение основной приведенной погрешности измерений параметров виброперемещения	13.4	да	да
7.4 Определение неравномерности АЧХ измерений параметров виброперемещения	13.5	да	нет
<b>8 Определение основной погрешности канала измерений частоты вращения</b>	<b>14</b>	<b>да</b>	<b>да</b>
<b>9 Определение приведенной погрешности срабатывания сигнализации каналов измерений</b>	<b>15</b>	<b>да</b>	<b>нет</b>

## 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки измерительных каналов измерителя должны применяться средства поверки, указанные в Таблица 2.

2.2 При проведении поверки допускается применять другие аналогичные средства измерений, обеспечивающие измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

2.3 Применяемые при поверке средства измерений должны быть поверены и иметь действующее свидетельство о поверке.

**Таблица 2 – Средства проверки**

<b>Номер пункта настоящего документа</b>	<b>Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки</b>
8	Измеритель сопротивления изоляции 1851IN (погрешность не более $\pm 1,5\%$ )
10.2	Виброустановка калибровочная DVC-500 (установка калибровочная вибрационная 2-го разряда в соответствии с МИ 2070-90, погрешность 1,5...5%);
10.3	Мультиметр Agilent 34401A: - погрешность измерений СКЗ переменного напряжения не более 0,1%, - погрешность измерений постоянного напряжения не более 0,1%, - погрешность измерений постоянного тока не более 0,1%.
10.4	Компьютер с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор».
11.2	Генератор сигналов низкочастотный измерительный типа Г3-122 (АЧХ не более 3%): - частота 0,2 – 1000 Гц (шаг задания не хуже 0,01 Гц, погрешность установки/контроля не хуже 0,01%), - амплитуда 0 – 5 В с возможностью аттенюации 1:10 и 1:100, - коэффициент гармоник не более 0,3 %. <b>Примечания:</b> 1. При необходимости, для контроля установленной частоты генератора использовать цифровой частотометр класса точности не хуже 0,01. 2. При необходимости, для контроля установленной амплитуды сигнала использовать вольтметр напряжения переменного тока класса точности не хуже 0,06.
11.3	Мультиметр Agilent 34401A: - погрешность измерений СКЗ переменного напряжения не более 0,1%, - погрешность измерений постоянного напряжения не более 0,1%, - погрешность измерений постоянного тока не более 0,1%. Измеритель имmittанса цифровой АКИП-6104 (погрешность не более $\pm 0,5\%$ ).
11.4	Конденсатор керамический NP0 напряжением 25 В, емкость 1000 пФ, сопротивление изоляции не менее $1 \cdot 10^{10}$ Ом. Имитатор датчика стандарта IEPE. Компьютер с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор».
12.2	Генератор сигналов низкочастотный измерительный типа Г3-122 (АЧХ не более 3%): - частота 0,2 – 1000 Гц (шаг задания не хуже 0,01 Гц, погрешность установки/контроля не хуже 0,01%), - амплитуда 0 – 5 В с возможностью аттенюации 1:10 и 1:100, - коэффициент гармоник не более 0,3 %. <b>Примечания:</b> 1. При необходимости, для контроля установленной частоты генератора использовать цифровой частотометр класса точности не хуже 0,01. 2. При необходимости, для контроля установленной амплитуды сигнала использовать вольтметр напряжения переменного тока класса точности не хуже 0,1. Омметр класс точности не хуже 1.

<b>Номер пункта настоящего документа</b>	<b>Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки</b>
12.3	<p>Устройство для поверки преобразователей вихревых в статическом режиме УПД<sup>1</sup> (микрометрическая головка цена деления 1 мкм, погрешность измерений не более 10 мкм);</p> <p>Мультиметр Agilent 34401A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- погрешность измерений СКЗ переменного напряжения не более 0,1%,</li> <li>- погрешность измерений постоянного напряжения не более 0,1%,</li> <li>- погрешность измерений постоянного тока не более 0,1%.</li> </ul> <p>Компьютер с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор».</p>
12.4	<p>Устройство для поверки преобразователей вихревых в статическом режиме УПД (микрометрическая головка цена деления 1 мкм, погрешность измерений не более 10 мкм);</p> <p>Мультиметр Agilent 34401A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- погрешность измерений СКЗ переменного напряжения не более 0,1% (10 Гц – 20 кГц),</li> <li>- погрешность измерений постоянного напряжения не более 0,1%,</li> <li>- погрешность измерений постоянного тока не более 0,1%.</li> </ul>
12.5	<p>Мультиметр KEITHLEY 2700:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- погрешность измерений СКЗ переменного напряжения: не более 0,4% (3 Гц – 10 Гц) и не более 0,1% (10 Гц – 20 кГц)</li> <li>- погрешность измерений постоянного напряжения не более 0,1%,</li> <li>- погрешность измерений постоянного тока не более 0,1%.</li> </ul> <p>Генератор сигналов функциональный двухканальный с возможностью амплитудной модуляции: АМ-колебание с амплитудой 3 В Пик-Пик, несущая частота (500...1500)<math>\pm</math>5% кГц, глубина модуляции 50%, частота модулирующего колебания 0÷10 кГц      (Пример 1: генератор сигналов функциональный двухканальный TTI TGA1242;      Пример 2: генератор сигналов функциональный одноканальный TTI TGA1241      (в режиме внешней модуляции) + генератор сигналов низкочастотный измерительный Г3-122 в качестве модулирующего сигнала);</p> <p><b>Примечания:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. При необходимости, для контроля установленной частоты генератора использовать цифровой частотомер класса точности не хуже 0,01.</li> <li>2. При необходимости, для контроля установленной амплитуды сигнала использовать вольтметр напряжения переменного тока класса точности не хуже 0,1.</li> </ol>
12.6	<p>Устройство для поверки преобразователей вихревых в статическом режиме УПД (микрометрическая головка цена деления 1 мкм, погрешность измерений не более 10 мкм);</p> <p>Мультиметр Agilent 34401A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- погрешность измерений СКЗ переменного напряжения не более 0,1%,</li> <li>- погрешность измерений постоянного напряжения не более 0,1%,</li> <li>- погрешность измерений постоянного тока не более 0,1%.</li> </ul>

<sup>1</sup> УПД является сертифицированным средством измерений (ГОСРЕЕСТР №41293-09) и включает в свой состав головку микрометрическую (измерительную) тип 2119В.

<b>Номер пункта настоящего документа</b>	<b>Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки</b>
12.7	<p>Устройство для поверки преобразователей вихревых в статическом режиме УПД (микрометрическая головка цена деления 1 мкм, погрешность измерений не более 10 мкм);</p> <p>Мультиметр Agilent 34401A:            - погрешность измерений СКЗ переменного напряжения не более 0,1%,            - погрешность измерений постоянного напряжения не более 0,1%,            - погрешность измерений постоянного тока не более 0,1%.</p> <p>Компьютер с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор».</p>
12.8	<p>Виброустановка калибровочная DVC-500 (установка калибровочная вибрационная 2-го разряда в соответствии с МИ 2070-90, погрешность 1,5...5%);</p> <p>Мультиметр Agilent 34401A:            - погрешность измерений СКЗ переменного напряжения не более 0,1%,            - погрешность измерений постоянного напряжения не более 0,1%,            - погрешность измерений постоянного тока не более 0,1%.</p> <p>Компьютер с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор».</p>
12.9	<p>Мультиметр Agilent 34401A:            - погрешность измерений СКЗ переменного напряжения не более 0,1%</p>
13.2	<p>Мультиметр Agilent 34401A:            - погрешность измерений СКЗ переменного напряжения не более 0,1%</p>
13.3	<p>Мультиметр Agilent 34401A:            - погрешность измерений СКЗ переменного напряжения не более 0,1%,            - погрешность измерений постоянного напряжения не более 0,1%,            - погрешность измерений постоянного тока не более 0,1%.</p> <p>Источник напряжения постоянного тока от 0 до 10 В (GPS-3030DD)</p> <p><b>Примечание:</b>            Для контроля установленной величины сигнала использовать вольтметр постоянного тока класса точности не хуже 0,1.</p> <p>Компьютер с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор».</p>
13.4	<p>Генератор сигналов низкочастотный измерительный типа Г3-122 (АЧХ не более 3%):            - частота 0,2 – 1000 Гц (шаг задания не хуже 0,01 Гц, погрешность установки/контроля не хуже 0,01%),            - амплитуда 0 – 5 В с возможностью аттенюации 1:10 и 1:100,            - коэффициент гармоник не более 0,3 %.</p> <p><b>Примечания:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. При необходимости, для контроля установленной частоты генератора использовать цифровой частотомер класса точности не хуже 0,01.</li> <li>2. При необходимости, для контроля установленной амплитуды сигнала использовать вольтметр напряжения переменного тока класса точности не хуже 0,1.</li> </ol>
13.5	<p>Мультиметр Agilent 34401A:            - погрешность измерений СКЗ переменного напряжения не более 0,1%,            - погрешность измерений постоянного напряжения не более 0,1%,            - погрешность измерений постоянного тока не более 0,1%.</p>
14	<p>Компьютер с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор».</p>

<b>Номер пункта настоящего документа</b>	<b>Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки</b>
15	<p>Генератор сигналов низкочастотный измерительный типа Г3-122 (АЧХ не более 3%):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- частота 0,2 – 1000 Гц (шаг задания не хуже 0,01 Гц, погрешность установки/контроля не хуже 0,01%),</li> <li>- амплитуда 0 – 5 В с возможностью аттенюации 1:10 и 1:100,</li> <li>- коэффициент гармоник не более 0,3 %.</li> </ul> <p>Источник напряжения постоянного тока от 0 до 10 В (GPS-3030DD).</p> <p>Омметр класс точности не хуже 1.</p> <p>Компьютер с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор».</p>

### **3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ**

3.1 К поверке измерительных каналов измерителя допускают лиц:

- прошедших обучение в установленном порядке и аттестованных в качестве поверителей;
- изучивших нормативные документы на измеритель и настоящую методику поверки;
- имеющих опыт работы со средствами измерений параметров вибрации не менее одного года.

### **4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования безопасности:

- средства поверки и поверяемые средства, а также вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление, не допускается использование в качестве заземления корпусов силовых электрических и осветительных щитов и арматуру центрального отопления;
- лица, допускаемые к поверке, должны при необходимости пользоваться средствами индивидуальной защиты от акустического шума (наушники), которые снижают уровень шума не менее, чем на 20 дБ;
- меры безопасности при подготовке и проведении измерений должны соответствовать действующим требованиям ГОСТ 12.2.007.0-75, «Правил

технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

4.2 Установку и подключение средств поверки, поверяемых средств, а также вспомогательного оборудования производить при выключенном источнике питания.

## 5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

5.1 Потребитель, предъявляющий измеритель на поверку, предоставляет (по требованию организации, проводящей поверку) следующие документы:

- настоящую методику поверки;
- эксплуатационную документацию на измеритель (паспорт КЕДР.468266.003 ПС и руководство по эксплуатации КЕДР.468266.003 РЭ);
- перечень измерительных каналов измерителя, подлежащих поверке;
- протокол предшествующей поверки измерительных каналов измерителя.

5.2 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- |                                   |                      |
|-----------------------------------|----------------------|
| - температура окружающего воздуха | от 18 до 25°C;       |
| - относительная влажность воздуха | от 45 до 80%;        |
| - атмосферное давление            | не регламентируется. |

**Примечания:**

При невозможности обеспечения нормальных условий поверку проводят в фактических условиях эксплуатации. Условия поверки измерительных каналов измерителя на месте эксплуатации не должны выходить за пределы рабочих условий, указанных в технической документации на измеритель и на применяемые средства поверки. В этом случае должны быть рассчитаны пределы допускаемых погрешностей измерительных каналов измерителя и применяемых средств измерений (по РД 50-453-84) для фактических условий поверки.

## 6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Перед началом поверки поверитель должен изучить документы, указанные в п. 5.1 настоящей методики, и правила техники безопасности.

6.2 Подготовка к поверке эталонных, рабочих и вспомогательных средств должна соответствовать требованиям нормативных документов на эти средства.

6.3 Эталонные, поверяемые и вспомогательные средства должны быть выдержаны в условиях, описанных в п. 5.2 настоящей методики, не менее 2-х часов.

6.4 Перед проведением поверки необходимо проверить наличие заземления и электрических соединений между блоками поверяемого измерителя.

6.5 Крепление пьезоэлектрических вибропреобразователей к вибровозбудителю должно соответствовать руководству по эксплуатации на измеритель и вибропреобразователь. Для крепления пьезоэлектрического вибропреобразователя можно использовать изделие «Площадка для акселерометров №1» производства ООО «ТД «Технекон».

6.6 Крепление вихревых вибропреобразователей к вибровозбудителю осуществляется с помощью кронштейна, конструкция которого должна обеспечивать:

- отсутствие механической связи с рабочей поверхностью вибростола вибровозбудителя поверочной виброустановки (далее – вибростол),

- надёжное крепление вибропреобразователя,

- совпадение направления главной оси чувствительности вибропреобразователя с направлением колебаний вибростола,

- отсутствие резонансных явлений в полосе частот в два раза превышающей рабочую полосу частот, контролируемое независимым устройством измерений вибрации (например, пьезоэлектрический вибропреобразователь установленный непосредственно на кронштейне).

В качестве кронштейна может использоваться приспособление для проверки вихревых преобразователей «ППП-2» производства ООО «ТД «Технекон».

6.7 Для обезжиривания рабочей поверхности вибростола и основания вибропреобразователя перед установкой его на вибростол применяют спирт этиловый по ГОСТ Р 51723-2001 из расчета 5 г на один вибропреобразователь.

6.8 Отображение результатов измерений по цифровому выходу каналов осуществляется при помощи программ «Каналы измерений», входящей в состав поставки измерителя<sup>2</sup>.

6.9 В случае поверки автономного измерителя, не входящего в состав автоматизированной системы (или отключенного от системы), проверки проводятся с помощью персонального компьютера, который должен удовлетворять следующим требованиям:

- процессор не хуже Intel Pentium IV, 1 ГГц;
- объем оперативной памяти не менее 512 Мб;
- конвертер RS-232 / RS-485;
- операционная система семейства Microsoft Windows;
- установленное ПО «Каналы измерений» или «Монитор».

6.10 В случае поверки измерителя, входящего в состав автоматизированной системы, проверки могут проводиться как с помощью компьютера-Сервера из состава автоматизированной системы, к которому подключен измеритель и в состав программного обеспечения которого входит программа «Каналы измерений» или «Монитор», так и с помощью отдельного компьютера, к которому подключается измеритель на время проведения проверок.

## 7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

7.1 При внешнем осмотре измерителя проверяют:

- маркировку, комплектность на требования, установленные в руководстве по эксплуатации КЕДР.468266.003 РЭ и паспорте КЕДР.468266.003 ПС на измеритель;
- состояние соединительных шин, кабелей и проводов;
- отсутствие механических повреждений корпусов, соединительных кабелей и электрических разъемов;

---

<sup>2</sup> В зависимости от комплекта поставки, программа «Каналы измерения» может поставляться как автономно, так и входить в состав программного обеспечения автоматизированной системы верхнего уровня, в составе которой используется Измеритель.

- соответствие контактирующей поверхности вибропреобразователей требованиям технической документации;
- наличие и механическую надежность защитного заземления компонентов измерителя.

7.2 Не допускают к дальнейшей поверке измерители, у которых обнаружено неудовлетворительное крепление разъемов, грубые механические повреждения наружных частей, обугливание изоляции и прочие повреждения.

## **8 ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ**

8.1 Проверке электрического сопротивления изоляции подвергаются компоненты измерителя, имеющие металлический корпус.

8.2 Проверке электрического сопротивления изоляции подвергаются те цепи компонентов измерителя, для которых в эксплуатационной документации на измеритель или компонент указаны требования к сопротивлению изоляции.

8.3 Для проверки электрического сопротивления изоляции подключают мегаомметр между контактом проверяемой цепи и металлическим корпусом компонента и измеряют сопротивление при указанном в эксплуатационной документации испытательном напряжении.

**Внимание!** Проверки должны выполняться при обесточенном измерителе и при отключенных входных и выходных цепях проверяемого компонента.

8.4 Значение сопротивления изоляции компонента измерителя при требуемом испытательном напряжении должно быть не менее указанного в эксплуатационной документации на измеритель или компонент.

## 9 ПРОВЕРКА ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ДАННЫХ ПО

9.1 Проверке подвергаются следующие идентификационные данные программного обеспечения (ПО):

- Идентификационное наименование ПО;
- Номер версии (идентификационный номер) ПО.

9.2 Для проверки необходимо включить Измеритель. Затем на компьютере запустить программу «Монитор» и установить связь с Измерителем, предварительно соединив Измеритель и компьютер посредством последовательного канала RS485.

9.3 Идентификационные данные ПО Измерителя отображаются в окне программы «Монитор» на закладке «Информация» в строке «Версия программы» (см. Рисунок 1 – выделены красным подчеркиванием).

9.4 Измеритель считают выдержавшим испытание, если идентификационное наименование ПО, отображаемое на экране программы «Монитор», имеет значение «STD-3168», а номер версии ПО равен 1.X, где X – любое сочетание цифр и символов «.».

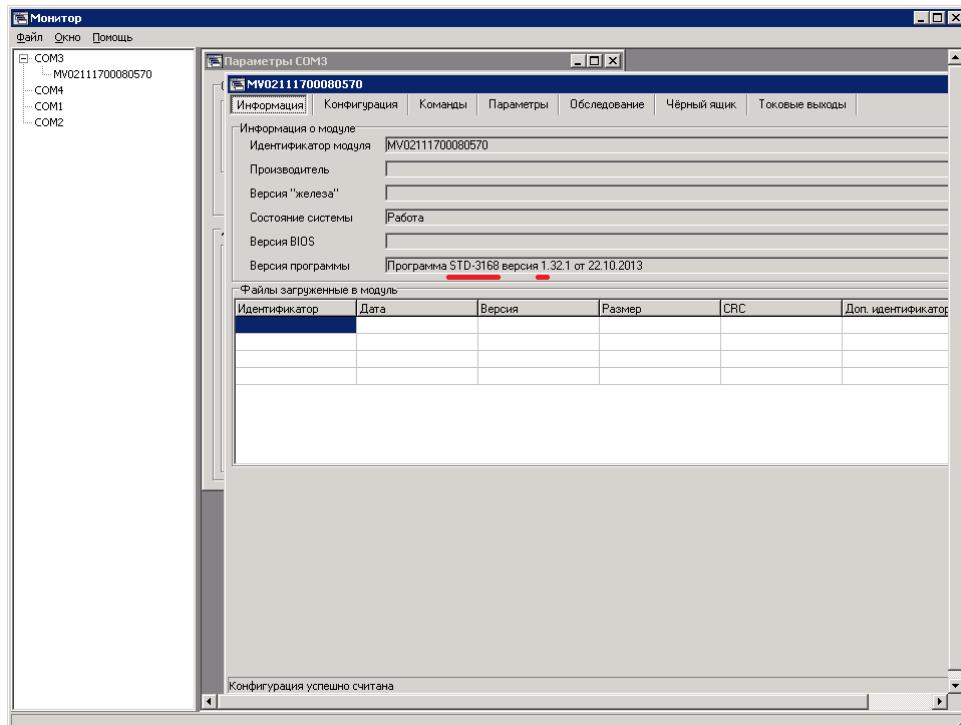


Рисунок 1. Отображение идентификационных данных программного обеспечения Измерителя (выделены красным подчеркиванием)

## **10 ПРОВЕРКИ ДЛЯ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЙ ВИБРОУСКОРЕНИЯ / ВИБРОСКОРОСТИ С ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ**

### **10.1 Подготовка к проверке канала и общие указания**

10.1.1 Собрать схему проверки канала измерений виброускорения или виброскорости в соответствии с Рисунок 2.

**Примечания:**

1. В зависимости от конфигурации канала измерений, которая определена в паспорте на измеритель, аналоговых выходов канала или цифрового выхода канала может не быть. В этом случае пункты проверок, относящиеся к данному выходу канала, не выполняются.
2. Измерительный прибор канала может состоять из преобразователя виброизмерительного вторичного СТД-3168 (с или без подключенного модуля вывода аналоговых сигналов) и/или преобразователя сигналов VCM. Состав канала определен в паспорте на измеритель.
3. Во избежание получения повышенных уровней шумов и погрешностей канала, следует обратить особое внимание на правильность заземления измерителя, поверочной виброустановки и другого используемого оборудования в соответствии с Руководством по эксплуатации на измеритель и поверочную виброустановку.
4. Аналоговый выход канала может формировать как выходной нормированный сигнал напряжения, так и сигнал тока. В последнем случае вместо вольтметра (5) подключается миллиамперметр по типовой схеме «токовая петля» (с внешним источником питания +24В или без него в зависимости от параметров аналогового токового выхода канала).

10.1.2 Установить и закрепить вибропреобразователь на вибростоле поверочной виброустановки таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности вибропреобразователя совпадало с направлением колебаний вибростола.

**Примечание:**

В состав виброустановки калибровочной DVC-500 обычно входят специальные приспособления для удобного крепления вибропреобразователей на вибростоле вибростенда.

10.1.3 В соответствии с руководствами по эксплуатации включить измеритель АСТД-2М.

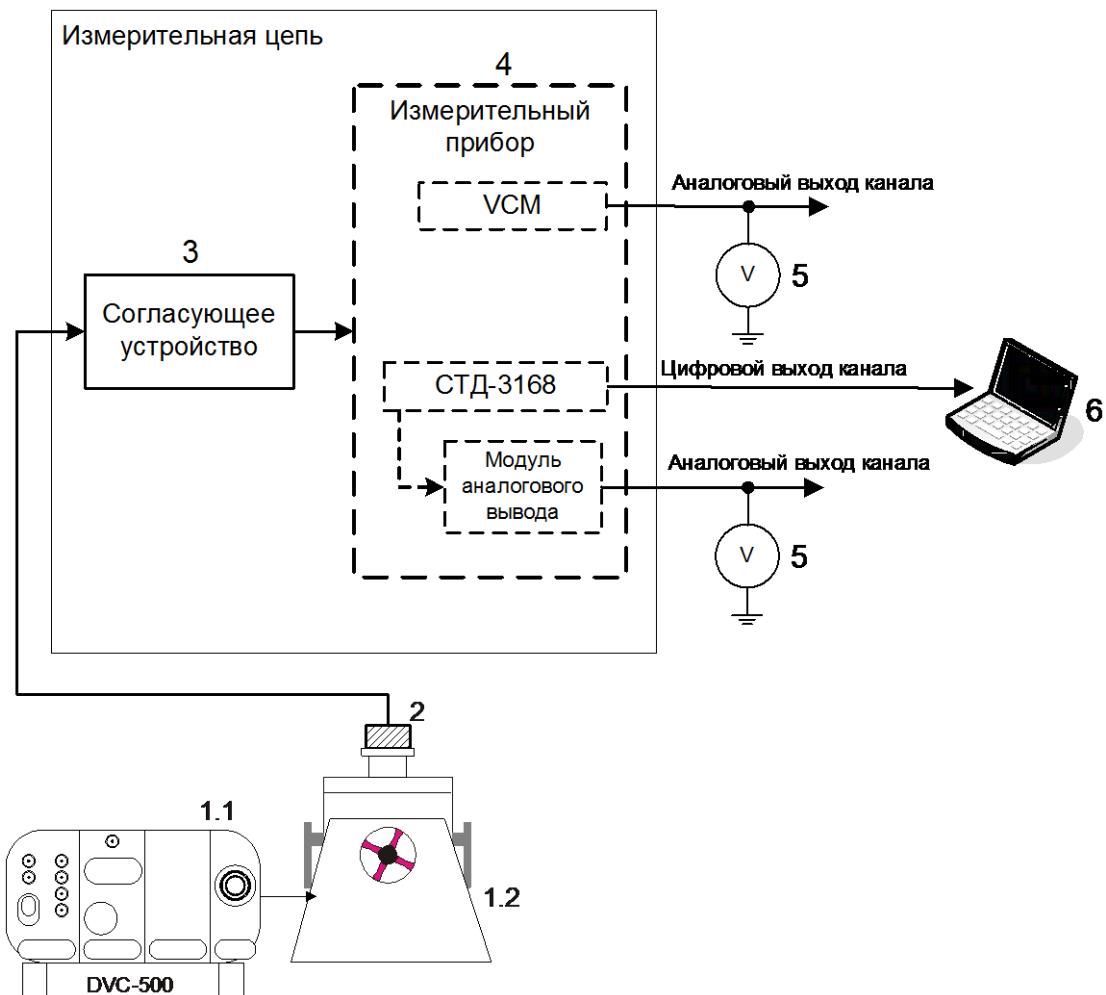


Рисунок 2. Схема проверки канала измерений виброускорения/виброскорости:

1.1 – блок управления виброустановки калибровочной DVC-500; 1.2 – вибростенд виброустановки калибровочной DVC-500; 2 – вибропреобразователь (ВИП) проверяемого канала; 3 – устройство согласующее (усилитель) проверяемого канала; 4 – измерительный прибор проверяемого канала; 5 – мультиметр; 6 – персональный компьютер (ПК) с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор»

10.1.4 В соответствии с документацией производителя, установить нулевую частоту и нулевую амплитуду колебаний вибростола поверочной виброустановки, затем включить поверочную виброустановку.

10.1.5 Прогреть компоненты измерительной цепи проверяемого канала измерителя, поверочную виброустановку и другие средства поверки.

10.1.6 Включить ПК, открыть окно приложения «Каналы измерений» или «Монитор».

10.1.7 В канале измерений может быть сконфигурировано несколько измеряемых параметров. В этом случае проверки выполняются по одному из параметров, как правило по тому, который является основным при измерениях и контроле оборудования при помощи измерителя АСТД-2М<sup>3</sup>.

10.1.8 По желанию заказчика, проверки могут быть выполнены по нескольким измеряемым параметрам вибрации канала.

## **10.2 Определение уровня собственного шума канала**

10.2.1 Собрать схему Рисунок 2 и выполнить указания п. 10.1 настоящей методики.

10.2.2 Перевести вольтметр (5) в режим измерений СКЗ переменного напряжения.

10.2.3 Определить величину  $N_{\text{Ц}}$  (мм/с или м/с<sup>2</sup>) уровня собственного шума цифрового выхода проверяемого канала измерений по показанию программы «Каналы измерений» или «Монитор» при выключенной поверочной виброустановке.

10.2.4 Определить величину  $N_A$  (м/с<sup>2</sup> или мм/с) уровня СКЗ собственного шума аналогового выхода проверяемого канала измерений при выключенной поверочной виброустановке по следующей формуле:

$$N_A = \frac{V}{K_{\text{П}}}, \quad (1)$$

где  $V$  (мВ)- показание вольтметра (5) в режиме измерений СКЗ напряжения переменного тока;  $K_{\text{П}}$  [мВ/( м/с<sup>2</sup>) или мВ/(мм/с)] – коэффициент преобразования аналогового выхода измерительного канала.

---

<sup>3</sup> Так как все сконфигурированные параметры вибрации канала вычисляются программным способом из единого измеренного каналом сигнала вибрации, то проверки всех параметров вибрации излишни.

10.2.5 Измерительный канал считается выдержавшим испытание, если величины  $N_{\text{ц}}$  и  $N_{\text{а}}$  уровня собственного шума канала измерений не превышают допускаемых значений, указанных в паспорте или руководстве по эксплуатации на измеритель. При необходимости, выполнить мероприятия по снижению уровня шума канала до допустимых уровней, в том числе проверив наличие и правильность заземления, а также качество используемого внешнего источника питания.

### 10.3 Определение основной погрешности канала

10.3.1 Собрать схему Рисунок 2 и подготовиться к проверке в соответствии с указаниями п. 10.1 настоящей методики.

10.3.2 Определение основной погрешности измерений параметров виброускорения/виброскорости (далее – «параметр вибрации») в диапазоне измерений выполняется на базовой частоте 160 Гц (для канала виброускорений) или 80 Гц (для канала виброскорости).

**Примечание:**

Если технические возможности используемой поверочной виброустановки не позволяют проводить измерения на указанной базовой частоте, то измерения проводят на одной из частот диапазона рабочих частот измерителя, на которой требуемые значения измеряемого параметра достижимы.

10.3.3 Измерения проводят не менее чем при пяти значениях измеряемого параметра вибрации, равномерно распределенных по диапазону измерений, указанному в паспорте на измеритель. Одно из значений должно быть равно минимальному значению диапазона измерений, другое - максимальному.

10.3.4 Задать с помощью поверочной виброустановки требуемое действительное значение параметра вибрации  $P_{D_i}$ .

**Примечания:**

1. При задании действительного значения  $P_{D_i}$  для максимального измеряемого значения данного канала необходимо следить за тем, чтобы показания цифрового и аналогового выходов канала не превысили допустимых величин.
2. Если поверочная виброустановка не позволяет задавать непосредственно требуемые действительные значения параметра вибрации, то необходимо воспользоваться следующими формулами для пересчета, которые справедливы только для синусоидального сигнала:

$$V_d = \frac{a_d}{2\pi f} \cdot 10^3 \quad (2)$$

где:  $a_d$  - действительное значение параметра виброускорения, м/с<sup>2</sup>;  $V_d$  - действительное значение параметра виброскорости, мм/с;  $f$  - частота задаваемых с помощью поверочной виброустановки синусоидальных колебаний, Гц;  $\pi \approx 3,1416$ .

$$P_{AMP} = \sqrt{2} \cdot P_{CKZ} \quad (3)$$

где:  $P_{AMP}$  - амплитудное значение параметра вибрации;  $P_{CKZ}$  - среднеквадратичное значение параметра вибрации.

10.3.5 Определить показание цифрового выхода проверяемого канала измерений  $P_{U_i}$  (м/с<sup>2</sup> или мм/с) по показанию программы «Каналы измерений» или «Монитор», и рассчитать показание аналогового выхода проверяемого канала измерений  $P_{A_i}$  (м/с<sup>2</sup> или мм/с) по следующей формуле:

$$P_{A_i} = \frac{(V_i - V_{MIN})}{(V_{MAX} - V_{MIN})} \cdot D \quad (4)$$

где:  $V_i$  – показание вольтметра (5) на Рисунок 2, переведенного в режим измерений постоянного напряжения;  $V_{MIN}$  и  $V_{MAX}$  (В или мА) – соответственно минимальное и максимальное значения (границы диапазона) выходного аналогового сигнала аналогового выхода канала измерителя, указанные в паспорте на измеритель;  $D$  (мм/с или м/с<sup>2</sup>) - диапазон измерений измеряемого параметра вибрации по аналоговому выходу канала измерителя, указанный в паспорте на измеритель (разность между наибольшим и наименьшим значениями диапазона измерений).

**Примечание:**

Рекомендуется при каждом значении задаваемой величины  $P_{A_i}$  проводить считывание показаний выходов проверяемого канала  $P_{U_i}$  и  $P_{A_i}$  не менее трех раз, определять среднее арифметическое показание выхода проверяемого канала и применять его в дальнейших расчетах.

10.3.6 По результатам измерений определяют относительную разность измеренного и действительного значений по цифровому ( $\delta_{U_i}$ ) и токовому ( $\delta_{A_i}$ ) выходам канала, %:

$$\delta_{\Pi_i} = \frac{|P_{\Pi_i} - P_{\Delta_i}|}{P_{\Delta_i}} \cdot 100\% ; \quad (5)$$

$$\delta_{A_i} = \frac{|P_{A_i} - P_{\Delta_i}|}{P_{\Delta_i}} \cdot 100\% , \quad (6)$$

где  $P_{\Delta_i}$  - действительное (заданное) значение измеряемого параметра вибрации,  $P_{\Pi_i}$  и  $P_{A_i}$  - соответственно измеренное по цифровому и аналоговому выходу значение измеряемого параметра вибрации.

10.3.7 За относительную погрешность измерений параметров виброускорения/виброскорости цифрового выхода канала в диапазоне измерений принимают максимальное из значений, вычисленных по формуле (5), %:

$$\delta_{\Pi} = (\delta_{\Pi_i})_{\max} \quad (7)$$

10.3.8 За относительную погрешность измерений параметров виброускорения/виброскорости аналогового выхода канала в диапазоне измерений принимают максимальное из значений, вычисленных по формуле (6), %:

$$\delta_A = (\delta_{A_i})_{\max} \quad (8)$$

10.3.9 Рассчитать границы основной относительной погрешности измерений параметров виброускорения/виброскорости цифрового выхода канала в диапазоне измерений на базовой частоте при доверительной вероятности 0,95  $\delta_{\Pi}^B$  (%) по формуле:

$$\delta_{\Pi}^B = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\Pi}^2 + \delta_{\vartheta_T}^2} \quad (9)$$

где  $\delta_{\Pi}$  - относительная погрешность измерений параметров виброускорения/виброскорости цифрового выхода канала в диапазоне измерений;  $\delta_{\vartheta_T}$  - доверительная погрешность эталонного средства измерений (виброустановки калибровочной), с помощью которой проводились измерения.

10.3.10 Рассчитать границы основной относительной погрешности измерений параметров виброускорения/виброскорости аналогового выхода

канала в диапазоне измерений на базовой частоте при доверительной вероятности 0,95  $\delta_A^B$  (%) по формуле:

$$\delta_A^B = \pm 1,1 \cdot \sqrt{(\delta_A)^2 + \delta_{\text{ЭТ}}^2} \quad (10)$$

где  $\delta_A$  - относительная погрешность измерений параметров виброускорения/виброскорости в диапазоне измерений для аналогового выхода канала измерений;  $\delta_{\text{ЭТ}}$  - доверительная погрешность эталонного средства измерений (виброустановки калибровочной), с помощью которой проводились измерения.

10.3.11 Цифровой выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной относительной погрешности измерений параметров виброускорения/виброскорости цифрового выхода в диапазоне измерений на базовой частоте при доверительной вероятности 0,95  $\delta_{\text{Ц}}^B$  не превышают предела допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

10.3.12 Аналоговый выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной относительной погрешности измерений параметров виброускорения/виброскорости аналогового выхода в диапазоне измерений на базовой частоте при доверительной вероятности 0,95  $\delta_A^B$  не превышают предела допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

## 10.4 Определение неравномерности АЧХ канала

10.4.1 Собрать схему Рисунок 2 и подготовиться к проверке в соответствии с указаниями п. 10.1 настоящей методики.

10.4.2 Неравномерность АЧХ канала измерений виброускорения / виброскорости в диапазоне рабочих частот определяют при постоянном заданном значении параметра вибрации не менее чем при десяти значениях частот, находящихся в пределах диапазона рабочих частот параметра вибрации канала измерений, указанного в паспорте на измеритель.

**Примечания:**

1. Значения частот выбирают из расчета, чтобы не менее пяти значений были равномерно распределены по диапазону рабочих частот, причем первое и последнее

значения частоты должны совпадать с минимумом и максимумом диапазона рабочих частот (с учетом параметров фильтров) соответственно. Также в измерениях должна присутствовать базовая частота, выбранная по п. 10.3.1 настоящей методики. Кроме того, значения частот должны входить в следующий ряд: 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; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000; 12500; 16000; 20000 Гц. Допускается отклонение частот от значений указанного ряда при сохранении интервала между отдельными частотами не менее октавы.

10.4.3 Последовательно на частотах ряда, указанного в п. 10.4.1 настоящей методики, задавать с помощью поверочной виброустановки одно и то же действительное значение параметра вибрации. Определять показание цифрового выхода проверяемого канала измерений  $P_{Uf_i}$  (м/с<sup>2</sup> или мм/с) по показанию программы «Каналы измерений» или «Монитор», и рассчитывать показание аналогового выхода проверяемого канала измерений  $P_{Af_i}$  (м/с<sup>2</sup> или мм/с) по формуле (4) из пункта 10.3.5 настоящей методики. Вольтметр (5) должен работать в режим измерений постоянного напряжения.

**Примечания:**

1. На частотах более 20 Гц задаваемое с помощью поверочной виброустановки значение амплитуды виброускорения должно быть не менее 10 м/с<sup>2</sup>, амплитуды виброскорости – не менее 10 мм/с. На частотах менее 20 Гц максимальное значение задаваемого виброускорения (виброскорости) зависит от технической возможности поверочной виброустановки.

2. Если на частотах менее 20 Гц использовалось задаваемое значение параметра вибрации, отличное от задаваемого на частотах выше 20 Гц, то для этого диапазона необходимо измерить и использовать в расчетах дополнительное измеренное базовое значение на базовой частоте, выбранной по п. 10.3.1 настоящей методики.

3. Рекомендуется на каждой устанавливаемой частоте диапазона проводить не менее трех измерений для каждого выхода канала ( $P_{Uf_i}$  и  $P_{Af_i}$ ), определять среднее арифметическое значение трех измерений для каждого выхода и применять его в дальнейших расчетах.

10.4.4 По результатам измерений для каждой устанавливаемой частоты определяют относительное отклонение измеренного значения на частоте  $f_i$  от

измеренного значения на базовой частоте  $f_{БА3}$  по цифровому ( $\gamma_{Цf_i}$ ) и аналоговому ( $\gamma_{Af_i}$ ) выходам канала, %:

$$\gamma_{Цf_i} = \frac{|P_{Цf_i} - P_{Цf_{БА3}}|}{P_{Цf_{БА3}}}; \quad (11)$$

$$\gamma_{Af_i} = \frac{|P_{Af_i} - P_{Af_{БА3}}|}{P_{Af_{БА3}}}, \quad (12)$$

где  $P_{Цf_{БА3}}$  и  $P_{Af_{БА3}}$  - измеренные соответственно по цифровому и токовому выходу канала измерений значения на базовой частоте, выбранной по п. 10.3.1 настоящей методики (дополнительно см. Примечание 2 к пункту 10.4.3 ).

10.4.5 За неравномерность АЧХ цифрового выхода канала измерений виброускорения/виброскорости в диапазоне рабочих частот при измерении параметра вибрации принимают максимальное значение, вычисленное по формуле (11), %:

$$\gamma_{Ц} = \pm(\gamma_{Цf_i})_{\max}. \quad (13)$$

10.4.6 За неравномерность АЧХ аналогового выхода канала измерений виброускорения/виброскорости в диапазоне рабочих частот принимают максимальное значение, вычисленное по формуле (12), %:

$$\gamma_A = \pm(\gamma_{Af_i})_{\max} \quad (14)$$

10.4.7 Цифровой выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если неравномерность АЧХ цифрового выхода канала измерений виброускорения/виброскорости в диапазоне рабочих частот  $\gamma_{Ц}$  не превышает допускаемого значения, указанного в паспорте на измеритель.

10.4.8 Аналоговый выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если неравномерность АЧХ аналогового выхода канала измерений виброускорения/виброскорости в диапазоне рабочих частот  $\gamma_A$  не превышает допускаемого значения, указанного в паспорте на измеритель.

## 11 ПРОВЕРКИ ДЛЯ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЙ ВИБРОУСКОРЕНИЯ / ВИБРОСКОРОСТИ БЕЗ ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

### 11.1 Подготовка к проверке канала и общие указания

11.1.1 Собрать схему проверки канала измерений виброускорения или вибrosкорости без вибропреобразователя (схему проверки измерительной цепи канала) в соответствии с Рисунок 3.

#### Примечания:

1. В зависимости от конфигурации канала измерений, которая определена в паспорте на измеритель, аналоговых выходов канала или цифрового выхода канала может не быть. В этом случае пункты проверок, относящиеся к данному выходу канала, не выполняются.
2. Измерительный прибор канала может состоять из преобразователя виброизмерительного вторичного СТД-3168 (с или без подключенного модуля вывода аналоговых сигналов) и/или преобразователя сигналов VCM. Состав канала определен в паспорте на измеритель.
3. Аналоговый выход канала может формировать как выходной нормированный сигнал напряжения, так и сигнал тока. В последнем случае вместо вольтметра (5) подключается миллиамперметр по типовой схеме «токовая петля» (с внешним источником питания +24В или без него в зависимости от параметров аналогового токового выхода канала).
4. Во избежание получения повышенных уровней шумов и погрешностей канала, следует обратить особое внимание на правильность заземления измерителя, генератора и другого используемого оборудования в соответствии с Руководством по эксплуатации на измеритель и виброустановку.
5. В случае использования генератора без измерительной системы напряжение на выходе генератора контролировать вольтметром переменного тока класса точности не ниже 0,1.
6. Если в состав измерительной цепи канала входит пьезоэлектрический вибропреобразователь с выходом по заряду, сигнал от низкочастотного генератора подают на вход согласующего устройства через разделительный конденсатор / разделительные конденсаторы<sup>4</sup> - (2) на Рисунок 3. Емкость конденсаторов должна по возможности быть близкой емкости пьезоэлектрического вибропреобразователя с соединительным кабелем СЭКв, с одной стороны, а с другой стороны, должна быть таковой, чтобы с учетом характеристик используемого генератора позволяла задавать требуемые уровни вибрации (для определения подходящих номиналов

---

<sup>4</sup> Рекомендуется использовать изделие «Эквивалент вибропреобразователя пьезоэлектрического ЭВП-1000».

емкостей следует воспользоваться формулами (16), (17) или (18), (19) из п. 11.3.4 настоящей методики), но не менее 500 пФ. Сопротивление изоляции конденсаторов - не менее  $1 \cdot 10^{10}$  Ом. Тип используемых разделительных конденсаторов должен быть керамический NP0, емкость используемых конденсаторов должна быть известна или предварительно измерена с точностью не хуже 0,5%.

7. Если в состав канала входит вибропреобразователь стандарта IEPE, сигнал от низкочастотного генератора подают на вход согласующего устройства через имитатор датчика стандарта IEPE - (9) на Рисунок 3. Требуемый уровень сигнала определяется через коэффициент преобразования измерительной цепи канала.

8. Если в состав канала входит вибропреобразователь с выходом по напряжению, сигнал от низкочастотного генератора подают непосредственно на вход согласующего устройства без использования разделительного конденсатора. Требуемый уровень сигнала определяется через коэффициент преобразования измерительной цепи канала.

11.1.2 В соответствии с руководством по эксплуатации включить измеритель АСТД-2М.

11.1.3 В соответствии с документацией производителя, установить нулевую частоту и нулевую амплитуду генератора низкочастотных сигналов, затем включить генератор.

11.1.4 Прогреть компоненты измерительной цепи проверяемого канала измерителя, генератор низкочастотных сигналов и другие средства поверки.

11.1.5 Включить ПК, открыть окно приложения «Каналы измерений» или «Монитор».

11.1.6 В канале измерений может быть сконфигурировано несколько измеряемых параметров. В этом случае проверки выполняются по одному из параметров, как правило по тому, который является основным при измерениях и контроле оборудования при помощи измерителя АСТД-2М<sup>5</sup>.

11.1.7 По желанию заказчика, проверки могут быть выполнены по нескольким измеряемым параметрам вибрации канала.

---

<sup>5</sup> Так как все сконфигурированные параметры вибрации канала вычисляются программным способом из единого измеренного каналом сигнала вибрации, то проверки всех параметров вибрации излишни.

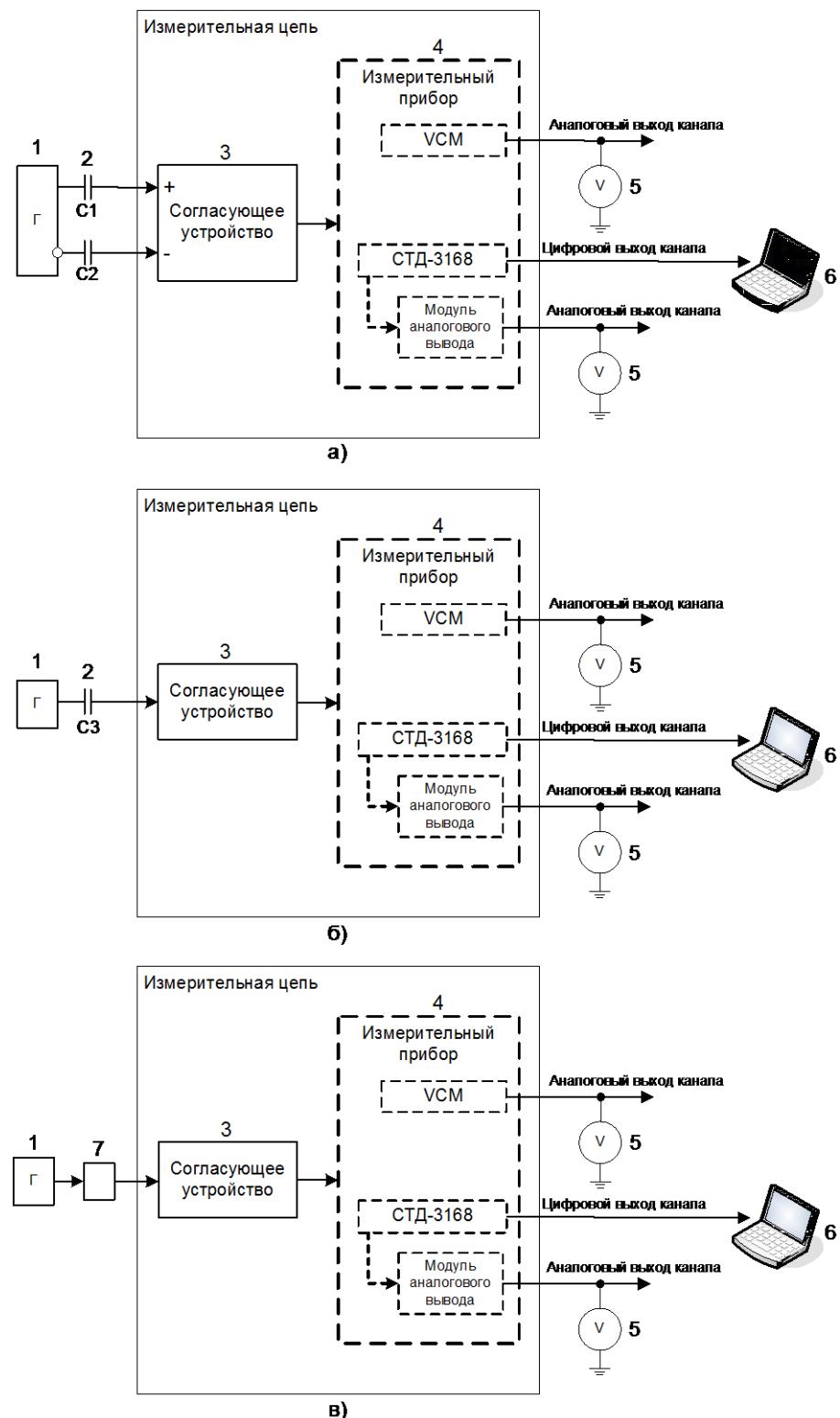


Рисунок 3. Схема проверки измерительной цепи канала измерений виброускорения/виброскорости при поэлементной поверке:

- а) – канал с дифференциальным входом от пьезоэлектрического вибропреобразователя с выходом по заряду; б) – канал с униполярным входом от пьезоэлектрического вибропреобразователя с выходом по заряду или со входом по напряжению; в) – канал с вибропреобразователем стандарта IEPE, где:  
 1 – генератор; 2 – разделительный конденсатор; 3 – устройство согласующее (усилитель) проверяемого канала; 4 – измерительный прибор проверяемого канала; 5 – мультиметр; 6 – персональный компьютер (ПК) с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор», 7 – имитатор датчика стандарта IEPE.

## 11.2 Определение уровня собственного шума канала

11.2.1 Собрать схему Рисунок 3 и подготовиться к проверке в соответствии с указаниями п. 11.1 настоящей методики.

11.2.2 Перевести вольтметр (5) в режим измерений СКЗ переменного напряжения.

11.2.3 Определить величину  $N_{\pi}$  ( $\text{м}/\text{с}^2$  или  $\text{мм}/\text{с}$ ) уровня собственного шума цифрового выхода проверяемого канала измерений по показанию программы «Каналы измерений» или «Монитор» при выключенном генераторе (1).

11.2.4 Определить величину  $N_A$  ( $\text{м}/\text{с}^2$  или  $\text{мм}/\text{с}$ ) уровня СКЗ собственного шума аналогового выхода проверяемого канала измерений при выключенном генераторе (1) по следующей формуле:

$$N_A = \frac{V}{K_{\pi}}, \quad (15)$$

где  $V$  (мВ)- показание вольтметра (5) в режиме измерений СКЗ напряжения переменного тока;  $K_{\pi}$  [ $\text{мВ}/(\text{м}/\text{с}^2)$  или  $\text{мВ}/(\text{мм}/\text{с})$ ] – коэффициент преобразования аналогового выхода измерительного канала

11.2.5 Измерительный канал считается выдержавшим испытание, если величины  $N_{\pi}$  и  $N_A$  уровня собственного шума измерительной цепи канала измерений не превышают допускаемых значений, указанных в паспорте или руководстве по эксплуатации на измеритель. При необходимости, выполнить мероприятия по снижению уровня шума канала до допустимых уровней, в том числе проверив наличие и правильность заземления, а также качество используемого внешнего источника питания.

## 11.3 Определение основной относительной погрешности канала

11.3.1 Собрать схему Рисунок 3 и подготовиться к проверке в соответствии с указаниями п. 11.1 настоящей методики.

11.3.2 Определение основной относительной погрешности измерений параметров виброускорения/виброскорости (далее – «параметр вибрации») в диапазоне измерений выполняется на базовой частоте 160 Гц (для канала виброускорений) или 80 Гц (для канала виброскорости).

11.3.3 Измерения проводят не менее чем при пяти значениях измеряемого параметра вибрации, равномерно распределенных по диапазону измерений,

указанному в паспорте на измеритель. Одно из значений должно быть равно минимальному значению диапазона измерений, другое – максимальному.

11.3.4 Задать с помощью генератора (1) напряжение  $U_{\Gamma}^P$ , В, которое соответствует требуемому действительному значению проверяемого параметра вибрации  $P_{D_i}$  (м/с<sup>2</sup> или мм/с).

**Примечания:**

1 При использовании в качестве датчика канала пьезоэлектрического вибропреобразователя с выходом по заряду и схемы проверки с двумя разделительными конденсаторами (см. Рисунок 3, а) задаваемое напряжение  $U_{\Gamma}^{CK3}$ , В, СКЗ которого соответствует требуемому действительному значению СКЗ виброускорения или виброскорости  $P_{D_i}$ , определяется по следующим формулам:  
Для виброускорения (м/с<sup>2</sup>):

$$U_{\Gamma}^{CK3} = \frac{P_{D_i} \cdot K_{BP}}{\left( \frac{C_1 + C_2}{2} \right)}, \quad (16)$$

Для виброскорости (мм/с):

$$U_{\Gamma}^{CK3} = \frac{(2\pi \cdot f_{BAZ} \cdot 10^{-3}) \cdot P_{D_i} \cdot K_{BP}}{\left( \frac{C_1 + C_2}{2} \right)}, \quad (17)$$

где:  $f_{BAZ}$ , Гц – базовая частота, на которой производят измерения;

$K_{BP}$ , пКл/(м/с<sup>2</sup>) - коэффициент преобразования подключаемого к каналу вибропреобразователя (берется из паспорта на вибропреобразователь);

$C_1$  и  $C_2$ , пФ – емкости конденсаторов в схеме проверки.

2 При использовании в качестве датчика канала пьезоэлектрического вибропреобразователя с выходом по заряду и схемы проверки с одним разделительным конденсатором (см. Рисунок 3, б) задаваемое напряжение  $U_{\Gamma}^{CK3}$ , В, СКЗ которого соответствует требуемому действительному значению СКЗ виброускорения или виброскорости  $P_{D_i}$ , определяется по следующим формулам:

Для виброускорения (м/с<sup>2</sup>):

$$U_{\Gamma}^{CK3} = \frac{P_{D_i} \cdot K_{BP}}{C_3}, \quad (18)$$

Для виброскорости (мм/с):

$$U_{\Gamma}^{CK3} = \frac{(2\pi \cdot f_{BA3} \cdot 10^{-3}) \cdot P_{D_i} \cdot K_{BP}}{C_3}, \quad (19)$$

где:  $f_{BA3}$ , Гц – базовая частота, на которой производят измерения;

$K_{BP}$ , пКл/(м/c<sup>2</sup>) – коэффициент преобразования подключаемого к каналу вибропреобразователя (берется из паспорта на вибропреобразователь);

$C_3$ , пФ – емкость конденсатора в схеме проверки.

3 Если в качестве входного сигнала канала измерений используется сигнал напряжения или сигнал (датчик) стандарта IEPE, которые пропорциональны виброускорению (см. примечания 5 и 6 к п. 11.1.1 и Рисунок 3, в), то задаваемое напряжение  $U_{\Gamma}^{CK3}$  (В), СКЗ которого соответствует требуемому действительному

значению СКЗ виброускорения или виброскорости  $P_{D_i}$ , определяется по следующим формулам:

Для виброускорения (м/c<sup>2</sup>):

$$U_{\Gamma}^{CK3} = P_{D_i} \cdot (K_{BP} \cdot 10^{-3}), \quad (20)$$

Для виброскорости (мм/с):

$$U_{\Gamma}^{CK3} = (2\pi \cdot f_{BA3} \cdot 10^{-3}) \cdot P_{D_i} \cdot (K_{BP} \cdot 10^{-3}), \quad (21)$$

где  $f_{BA3}$ , Гц – базовая частота, на которой производят измерения;

$K_{BP}$ , мВ/(м/c<sup>2</sup>) – коэффициент преобразования подключаемого к каналу вибропреобразователя или сигнала напряжения (берется из паспорта на вибропреобразователь).

4 Формула зависимости СКЗ и амплитуды для синусоидального сигнала:

$$P_{AMP} = \sqrt{2} \cdot P_{CK3} \quad (22)$$

5 В процессе проверок необходимо следить за тем, чтобы подаваемый на вход измерительной цепи канала сигнал напряжения  $U_{\Gamma}^{CK3}$  не превышал допустимого для компонентов канала уровня.

6 При задании действительного значения  $P_{D_i}$ , соответствующего максимальному значению диапазона измерений параметра, необходимо следить за тем, чтобы показания цифрового и аналогового выходов канала не превысили допустимых величин.

11.3.5 Выполнить действия по пунктам 10.3.5 - 10.3.10 настоящей методики. В качестве  $\delta_{\mathcal{E}_T}$  использовать доверительную вероятность генератора, при помощи которого проводились измерения.

11.3.6 Цифровой выход измерительного канала без вибропреобразователя (измерительной цепи) считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной относительной погрешности измерений параметров виброускорения/виброскорости цифрового выхода в диапазоне измерений на базовой частоте при доверительной вероятности 0,95  $\delta_{\mathcal{U}}^B$  не превышают предела допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

11.3.7 Аналоговый выход измерительного канала без вибропреобразователя (измерительной цепи) считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной относительной погрешности измерений параметров виброускорения/виброскорости аналогового выхода в диапазоне измерений на базовой частоте при доверительной вероятности 0,95  $\delta_{\mathcal{A}}^B$  не превышают предела допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

## **11.4 Определение неравномерности АЧХ канала**

11.4.1 Собрать схему Рисунок 3 и подготовиться к проверке в соответствии с указаниями п. 11.1 настоящей методики.

11.4.2 Неравномерность АЧХ канала измерений виброускорения / виброскорости без вибропреобразователя (измерительной цепи канала) в диапазоне рабочих частот определяют при постоянном заданном значении параметра вибрации не менее чем при десяти значениях частот, находящихся в пределах диапазона рабочих частот параметра вибрации и определенных в соответствии с требованиями Примечания п. 10.4.1 настоящей методики.

11.4.3 Последовательно на частотах ряда, определенных в п. 11.4.1 настоящей методики, задавать с помощью генератора низкой частоты (1) на входе измерительной цепи проверяемого канала одно и то же действительное значение параметра вибрации. Определять показание цифрового выхода проверяемого канала измерений  $P_{Uf_i}$  ( $\text{м}/\text{с}^2$  или  $\text{мм}/\text{с}$ ) по показанию программы «Каналы измерений» или «Монитор», и рассчитывать показание аналогового выхода проверяемого канала измерений  $P_{Af_i}$  ( $\text{м}/\text{с}^2$  или  $\text{мм}/\text{с}$ ) по формуле (4) из пункта

10.3.5 настоящей методики. Вольтметр (5) должен работать в режиме измерений напряжения постоянного тока.

**Примечания:**

1. См. Примечания к п. 11.1.1 настоящей методики.
2. Рекомендуемое задаваемое с помощью генератора значение СКЗ виброускорения - не менее  $10 \text{ м/c}^2$ , СКЗ виброскорости – не менее 10 мм/с. Однако в зависимости от сконфигурированного диапазона измерений канала, а также используемых величин эталонных емкостей и возможностей генератора, задаваемое значение, на котором выполняются проверки, может отличаться от рекомендуемого значения.
3. Рекомендуется на каждой устанавливаемой частоте диапазона проводить не менее трех измерений для каждого выхода канала ( $P_{Uf_i}$  и  $P_{Af_i}$ ), определять среднее арифметическое значение трех измерений для каждого выхода и применять его в дальнейших расчетах.

11.4.4 Выполнить действия по п.п. 10.4.4 - 10.4.6 настоящей методики.

11.4.5 Цифровой выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если неравномерность АЧХ цифрового выхода канала измерений виброускорения/виброскорости в диапазоне рабочих частот  $\gamma_u$  не превышает допускаемого значения, указанного в паспорте на измеритель.

11.4.6 Аналоговый выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если неравномерность АЧХ аналогового выхода канала измерений виброускорения/виброскорости в диапазоне рабочих частот  $\gamma_A$  не превышает допускаемого значения, указанного в паспорте на измеритель.

## **12 ПРОВЕРКИ ДЛЯ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ С ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ**

### **12.1 Особенности проведения поверки без демонтажа первичных вихревых преобразователей**

12.1.1 В случае выполнения поверки без демонтажа первичных вихревых преобразователей с объекта контроля, необходимо использовать тестовые первичные вихревые преобразователи и (при необходимости) удлинители, модели и длины кабелей которых соответствуют моделям и длинам кабелей штатных преобразователей и удлинителей из состава поверяемого Измерителя.

12.1.2 Значение активного сопротивления и резонансной частоты каждого используемого тестового первичного вихревого преобразователя (в сборе с удлинителем при необходимости), измеренное по методике Приложения 1, должно соответствовать величинам, указанным в паспорте на поверяемый измеритель.

12.1.3 Серийные номера и резонансные частоты используемых тестовых первичных вихревых преобразователей должны быть указаны в Протоколе поверки в разделе «Средства поверки» в качестве вспомогательного оборудования.

12.1.4 При выполнении поверки без демонтажа первичных вихревых преобразователей с объекта контроля дополнительно выполняется определение активного сопротивления и резонансной частоты первичных вихревых преобразователей в соответствии с пунктом 12.2 настоящей Методики.

### **12.2 Определение активного сопротивления и резонансной частоты первичных вихревых преобразователей**

12.2.1 Проверку активного сопротивления и резонансной частоты первичных вихревых преобразователей в обязательном порядке выполняют только в том случае, если поверка измерительного канала выполняется без демонтажа первичных вихревых преобразователей с объекта контроля.

12.2.2 Отключить разъем первичного вихревого преобразователя (либо разъем удлинителя при его использовании) канала от входа драйвера

(согласующего устройства)<sup>6</sup>. Если используются удлинители, то они не должны отсоединяться от первичных вихревых преобразователей – все дальнейшие действия выполняются с подсоединенными удлинителями.

12.2.3 Собрать схему, изображенную на Рисунок 4, подключив к ней первичный вихревой преобразователь из состава измерителя.

12.2.4 Омметром R измерить активное сопротивление проверяемого первичного вихревого преобразователя совместно с удлинителем (при наличии).

12.2.5 Собрать схему, изображенную на Рисунок 5, подключив к ней первичный вихревой преобразователь из состава измерителя. Включить и прогреть приборы (4) и (5).

12.2.6 Установить на генераторе (4) частоту выходного сигнала, которая на 2% меньше минимальной резонансной частоты проверяемого первичного вихревого преобразователя, указанную в паспорте на измеритель.

12.2.7 Установить амплитуду выходного сигнала генератора (5) равной 2,5 В.

12.2.8 Определить действительную резонансную частоту проверяемого первичного вихревого преобразователя, для этого:

12.2.8.1 Плавно увеличивая выходную частоту генератора вплоть до максимально допустимой резонансной частоты, указанной в паспорте на измеритель (и не изменяя ее амплитуду), убедиться, что показания вольтметра (4) с определенной частоты сначала возрастают, а затем уменьшаются. В противном случае измеритель считается не выдержавшим испытание.

12.2.8.2 Определить значение частоты, на которой показания вольтметра (4) будут максимальными. Занести значение частоты генератора (5) и показания вольтметра (4) для найденного резонанса в Протокол.

12.2.8.3 Дополнительно записать в Протокол показания вольтметра (4) для частот, отстоящих от найденной резонансной частоты на  $\pm 2\%$ ,  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$ ,  $\pm 15\%$ .

12.2.9 Измеритель считается выдержавшим испытание, если полученные значения активного сопротивления и резонансной частоты для первичного

---

<sup>6</sup> При использовании в составе канала измерений измерителя ИЛП-2 в режиме дифференциальных измерений, проверки выполняются для двух первичных вихревых преобразователей, входящих в состав одного дифференциального канала измерений.

вихревого преобразователя соответствуют допускаемым значениям, указанным в паспорте на измеритель.

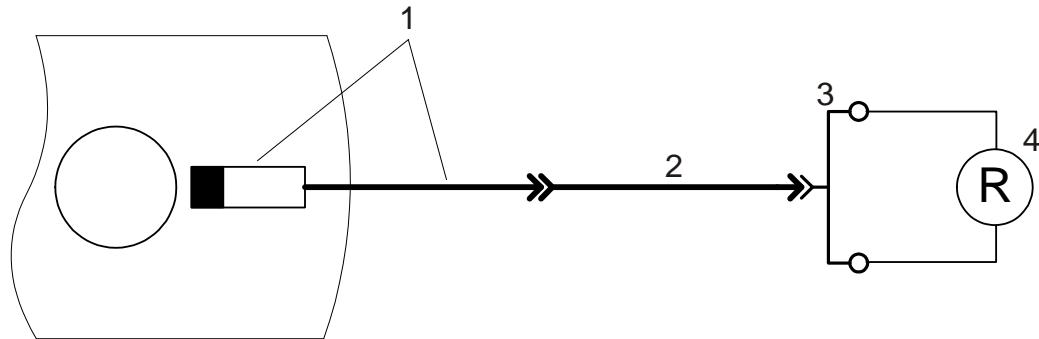


Рисунок 4. Схема проверки активного сопротивления первичного вихревого преобразователя, где:

1 – проверяемый первичный вихревой преобразователь, смонтированный непосредственно на объекте контроля; 2 – удлинитель (если он входит в комплект Измерителя); 3 – переходник для удобного подключения измерительных приборов; 4 – омметр

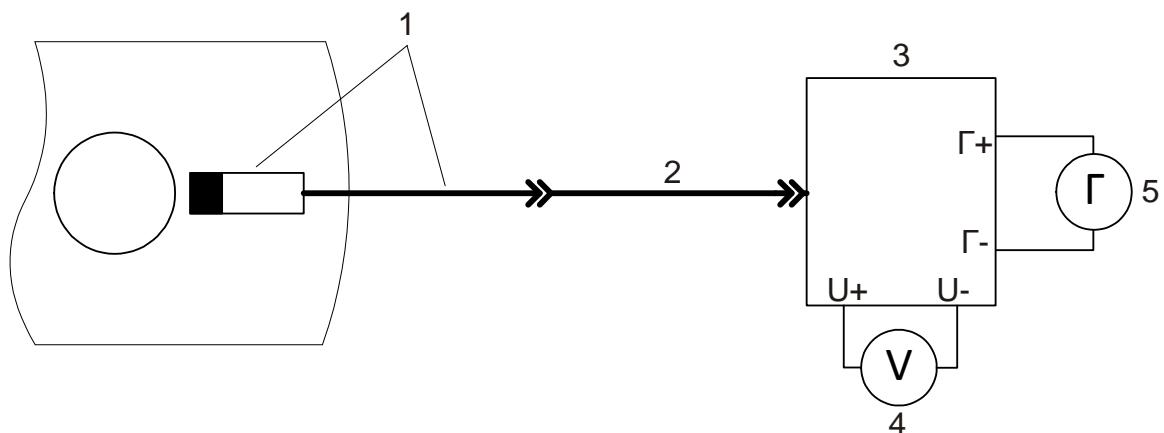


Рисунок 5. Схема проверки резонансной частоты первичного вихревого преобразователя, где:

1 – проверяемый первичный вихревой преобразователь, смонтированный непосредственно на объекте контроля; 2 – удлинитель (если он входит в комплект измерителя); 3 – устройство для проверки вихревых датчиков КЕДР.441329.001; 4 – вольтметр постоянного тока; 5 – задающий генератор

### **12.3 Определение уровня собственного шума канала**

12.3.1 Собрать схему проверки канала измерений относительного перемещения в статическом режиме в соответствии с Рисунок 6.

**Примечания:**

1. Если канал измерений работает в режиме дифференциальных измерений, когда в состав канала входят два первичных вихревых преобразователя, схема проверки должна соответствовать приведенной в Приложении 2 настоящей методики. Дополнительно рекомендуется следовать указаниям пункта 7.9 документа КЕДР.401263.003 МП «Измеритель линейных перемещений двухканальный ИЛП-2. Методика поверки».

2. В зависимости от конфигурации канала измерений, которая определена в паспорте на измеритель, некоторых аналоговых выходов канала или цифрового выхода канала может не быть. В этом случае пункты проверок, относящиеся к данному выходу канала, не выполняются.

3. Измерительный прибор канала может состоять из преобразователя виброизмерительного вторичного СТД-3168 (с или без подключенного модуля вывода аналоговых сигналов) и/или преобразователя сигналов VCM / VST. Состав канала определен в паспорте на измеритель.

4. Аналоговый выход канала может формировать как выходной нормированный сигнал напряжения, так и сигнал тока. В последнем случае вместо вольтметра (6) подключается миллиамперметр по типовой схеме «токовая петля» (с внешним источником питания +24В или без него в зависимости от параметров аналогового токового выхода канала).

5. Во избежание получения повышенных уровней шумов и погрешностей канала, следует обратить особое внимание на правильность заземления измерителя и другого используемого оборудования в соответствии с Руководством по эксплуатации на измеритель. Испытательная схема собирается на заземленной металлической поверхности.

12.3.2 Установить на поверочное устройство УПД образец калибровочного материала, на который откалиброван испытуемый канал измерителя (указывается в паспорте на измеритель). Установить номинальный зазор  $S_0$ , указанный в паспорте на измеритель.

**Примечание:**

Образец калибровочного металла изготавливают в форме диска толщиной от 6 до 10 мм и диаметром от 15 до 30 мм (но не менее двух диаметров измерительной катушки вибропреобразователя), выполненный из металла той же марки, из которой

изготовлена поверхность, вибрацию которой преобразует в электрический сигнал вибропреобразователь (например, сталь вала ротора турбины или генератора). Образец металла для поверки указанных выше размеров поставляет заказчик вместе с проверяемым измерителем.

12.3.3 Перевести мультиметры (5) и (6) в режим измерений СКЗ переменного напряжения.

12.3.4 Определить величину  $N_{откл}$  (мкм) уровня СКЗ собственного шума цепи измерений общего отклонения положения вала проверяемого канала измерений по следующей формуле:

$$N_{откл} = \frac{V}{K_{\Pi}}, \quad (23)$$

где  $V$  (мВ) - показание вольтметра (5) в режиме измерений СКЗ напряжения переменного тока;  $K_{\Pi}$  (мВ/мкм) – коэффициент преобразования драйвера (3) измерительного канала.

12.3.5 Определить величину  $N_{Ц}$  (мкм) уровня собственного шума цифрового выхода проверяемого канала измерений по показанию программы «Каналы измерений» или «Монитор».

12.3.6 Определить величину  $N_A$  (мкм) уровня СКЗ собственного шума аналогового выхода проверяемого канала измерений по следующей формуле:

$$N_A = \frac{V}{K_{\Pi}}, \quad (24)$$

где  $V$  (мВ)- показание вольтметра (6) в режиме измерений СКЗ напряжения переменного тока;  $K_{\Pi}$  (мВ/мкм) – коэффициент преобразования аналогового выхода измерительного канала.

12.3.7 Измерительный канал считается выдержавшим испытание, если величины  $N_{откл}$ ,  $N_{Ц}$  и  $N_A$  уровня собственного шума канала измерений не превышают допускаемых значений, указанных в паспорте или руководстве по эксплуатации на измеритель. При необходимости, выполнить мероприятия по снижению уровня шума канала до допустимых уровней, в том числе проверив наличие и правильность заземления, а также качество используемого внешнего источника питания.

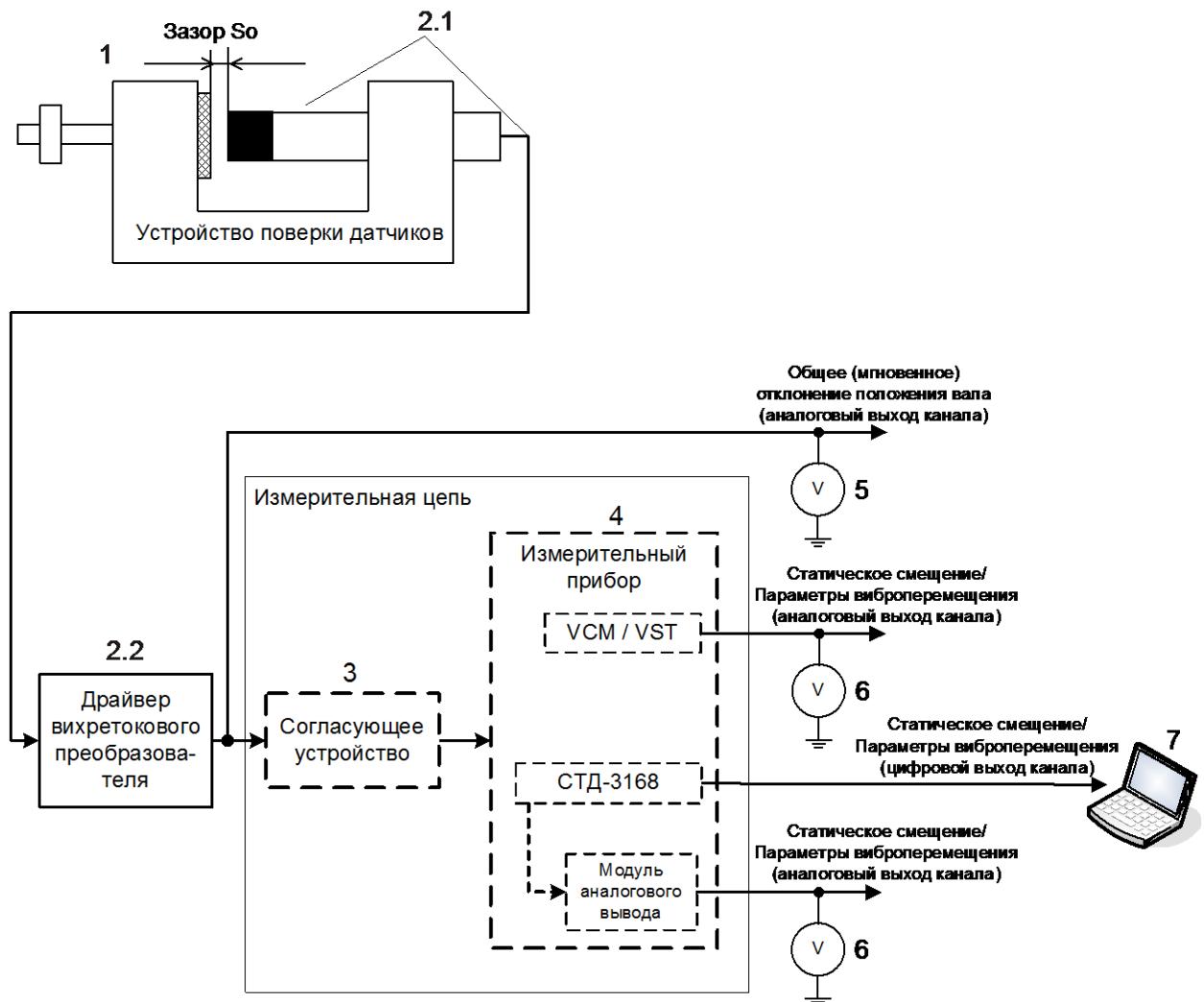


Рисунок 6. Схема проверки канала измерений относительного перемещения в статическом режиме, где:

1 – устройство поверки датчиков (микрометрическая головка); 2.1 – первичный вихревой преобразователь канала (с удлинителем, если он входит в состав канала); 2.2 – драйвер первичного вихревого преобразователя канала; 3 – согласующее устройство (при необходимости); 4 – измерительный прибор проверяемого канала; 5, 6 – мультиметр; 7 – персональный компьютер (ПК) с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор».

## 12.4 Определение основной приведенной погрешности измерений общего отклонения

12.4.1 Собрать схему проверки канала измерений относительного перемещения в статическом режиме в соответствии с Рисунок 6. При этом мультиметр (6) и компьютер (7) для указанного испытания не требуются.

### Примечания:

1. Если канал измерений работает в режиме дифференциальных измерений, когда в состав канала входят два первичных вихревых преобразователя, схема проверки должна соответствовать приведенной в Приложении 2 настоящей методики.

2. Во избежание получения повышенных уровней шумов и погрешностей канала, следует обратить особое внимание на правильность заземления измерителя и другого используемого оборудования в соответствии с Руководством по эксплуатации на измеритель. Испытательная схема собирается на заземленной металлической поверхности.

12.4.2 Установить на поверочное устройство УПД образец калибровочного материала, на который откалиброван испытуемый канал измерителя (указывается в паспорте на измеритель). Установить номинальный (начальный) зазор  $S_0$ , указанный в паспорте на измеритель.

### Примечание:

Образец калибровочного металла изготавливают в форме диска толщиной от 6 до 10 мм и диаметром от 15 до 30 мм (но не менее двух диаметров измерительной катушки вибропреобразователя), выполненный из металла той же марки, из которой изготовлена поверхность, вибрацию которой преобразует в электрический сигнал вибропреобразователь (например, сталь вала ротора турбины или генератора). Образец металла для поверки указанных выше размеров поставляет заказчик вместе с поверяемым измерителем.

12.4.3 Перевести мультиметр (5) в режим измерений напряжения постоянного тока.

12.4.4 Устанавливать не менее пяти значений  $\Delta S_i$  общего отклонения (относительно начального зазора), равномерно распределенных по диапазону измерений, указанному в паспорте на измеритель. При этом в начале устанавливается начальное (нулевое) значение общего отклонения, которое соответствует установке начального зазора  $S_0$  на устройстве УПД. Затем

устанавливаются не менее чем по два значения общего отклонения ротора влево и вправо от начального зазора, в том числе максимальные.

**Примечания:**

1. Установку начального зазора  $S_0$  рекомендуется выполнить по напряжению начального зазора, указанного в паспорте на Измеритель, подкорректировав после этого показания (шкалу) микрометра. Тем самым будет обеспечена максимальная точность установки.
2. При измерениях устанавливаются как положительные, так и отрицательные значения  $\Delta S_i$  (относительно начального зазора), что необходимо учитывать при использовании нижеуказанных формул, подставляя в них соответственно положительные или отрицательные значения  $\Delta S_i$ . При этом при увеличении зазора относительно начального  $S_0$  относительное перемещение считается положительным, а при уменьшении зазора относительно  $S_0$  – отрицательным.

12.4.5 Для каждого установленного значения общего отклонения  $\Delta S_i$  снять показания вольтметра  $V_i$  и записать их в протокол<sup>7</sup>.

12.4.6 Для каждого измерения:

- a) Рассчитать  $i$ -е измеренное значение общего отклонения  $\Delta S_{H_i}$  (мкм) от начального положения по формуле:

$$\Delta S_{H_i} = \frac{V_i}{K_{II}}, \quad (25)$$

где  $K_{II}$  (мВ/мкм) – действительный коэффициент преобразования драйвера, указанный в паспорте на измеритель или датчик;

$V_i$  (мВ) – показание вольтметра при установленном отклонении  $S_i$ .

- б) рассчитать приведенную разность  $\delta_i$  (%) по формуле:

$$\delta_i = \frac{|\Delta S_{H_i} - \Delta S_i|}{D} \cdot 100\%, \quad (26)$$

где  $\Delta S_{H_i}$  (мкм) –  $i$ -е измеренное значение общего отклонения;

$\Delta S_i$  (мкм) –  $i$ -е установленное (заданное) значение общего отклонения;

---

<sup>7</sup> Рекомендуется каждое значение отклонения устанавливать не менее трех раз, записывать показания вольтметра, а в протокол заносить среднее арифметическое показаний вольтметра.

$D(\text{мкм})$  – диапазон измерений общего отклонения, указанный в паспорте на измеритель (разность между наибольшим и наименьшим значениями диапазона).

12.4.7 Рассчитать приведенную погрешность измерений общего отклонения в диапазоне измерений  $\delta_N$  (%) как наибольшее значение, вычисленное по формуле (26):

$$\delta_N = (\delta_i)_{\max}, \quad (27)$$

12.4.8 Рассчитать границы основной приведенной погрешности измерений общего отклонения в диапазоне измерений при доверительной вероятности 0,95  $\delta_{MN}$  (%) по формуле:

$$\delta_{MN} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_N^2 + \delta_{\vartheta T}^2}, \quad (28)$$

где  $\delta_N$  (%) - приведенная погрешность измерений общего отклонения в диапазоне измерений и в диапазоне рабочих частот;

$\delta_{\vartheta T}$  (%) - доверительная погрешность устройства поверки датчиков, с помощью которой проводились измерения

**Примечание:**

Для устройства УПД доверительную погрешность можно рассчитать по формуле:

$$\delta_{\vartheta T} = \frac{\Delta_{\vartheta T}}{D} \cdot 100\%$$

где  $\Delta_{\vartheta T}$  (мкм) – абсолютная погрешность измерений устройства УПД,  $D$  (мкм) – диапазон измерений, указанный в паспорте на измеритель (разность между наибольшим и наименьшим значениями диапазона).

12.4.9 Измеритель считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной приведенной погрешности измерений общего отклонения в диапазоне измерений при доверительной вероятности 0,95 не превышают допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

## 12.5 Определение неравномерности АЧХ измерений общего отклонения

12.5.1 Собрать схему для определения неравномерности амплитудно-частотной характеристики (далее – АЧХ) измерений общего отклонения в диапазоне рабочих частот, изображенную на Рисунок 7. Если канал работает в дифференциальном режиме измерений, сигнал с генератора подавать одновременно на оба входа канала (Р1 и Р2).

12.5.2 Задать при помощи двухканального генератора (либо двух генераторов) базовое амплитудно-модулированное колебание с характеристиками, указанными в Таблица 3.

**Таблица 3 – Характеристики базового амплитудно-модулированного сигнала**

Параметр	Значение	
	Для ИЛП-1	Для ИЛП-2
Несущая частота, кГц	740±5%	780±5%
Амплитуда, В (размах, пик-пик)	3	3
Глубина модуляции, %	30	50
Частота модулирующего колебания, Гц	40	40

12.5.3 Подстраивая глубину модуляции<sup>8</sup>, добиться, чтобы на выходе драйвера установился сигнал напряжения по показаниям вольтметра СК3 (5), который примерно соответствует 0,5 – 0,7 от диапазона выходного напряжения драйвера.

12.5.4 Зафиксировать в протоколе показания вольтметра (5)  $V_{баз}$  на базовой частоте 40 Гц и установленное при этом значение выходного модулирующего напряжения генератора (1.1)  $U_g$  по показаниям вольтметра СК3 (2).

12.5.5 Последовательно задавать на генераторе (1.1) ряд модулирующих частот (**при неизменной амплитуде модулирующего сигнала  $U_g$  на выходе генератора (1.1)!**), распределенных по диапазону рабочих частот драйвера (указан в паспорте на измеритель).

**Примечание:**

Значения частот выбирают из расчета, чтобы не менее пяти значений были равномерно распределены по диапазону рабочих частот, причем первое и последнее значения частоты должны совпадать с минимумом и максимумом диапазона рабочих

<sup>8</sup> При использовании двух генераторов, глубина модуляции регулируется амплитудой сигнала на выходе генератора 1.1 (см. Рисунок 7).

частот (с учетом параметров фильтров) соответственно. Кроме того, значения частот должны входить в следующий ряд: 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; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000 Гц.

12.5.6 Для каждого задаваемого значения частоты при неизменной величине амплитуды сигнала  $U_g$  на выходе генератора (1.1) снять показания  $V_i$  вольтметра СКЗ (5) и записать их в протокол<sup>9</sup>.

12.5.7 Для всех измеренных значений  $V_i$  рассчитать относительное отклонение  $\gamma_i$  (%), по формуле:

$$\gamma_i = \left| \frac{V_i - V_{баз}}{V_{баз}} \right| \cdot 100\%, \quad (29)$$

где  $V_i$  (мВ) – показание вольтметра СКЗ (5) при  $i$ -том значении частоты;

$V_{баз}$  (мВ) – показание вольтметра (5) на базовой частоте 40 Гц.

12.5.8 Рассчитать неравномерность АЧХ измерений общего отклонения в диапазоне рабочих частот  $\gamma$  (%) как наибольшее значение, вычисленное по формуле (29):

$$\gamma = \pm(\gamma_i)_{\max}, \quad (30)$$

12.5.9 Измеритель считается выдержавшим испытание, если полученное значение неравномерности АЧХ измерений общего отклонения в диапазоне рабочих частот не превышает допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

---

<sup>9</sup> Рекомендуется каждое значение параметра устанавливать не менее трех раз, записывать показания вольтметра, а в протокол заносить среднее арифметическое показаний вольтметра.

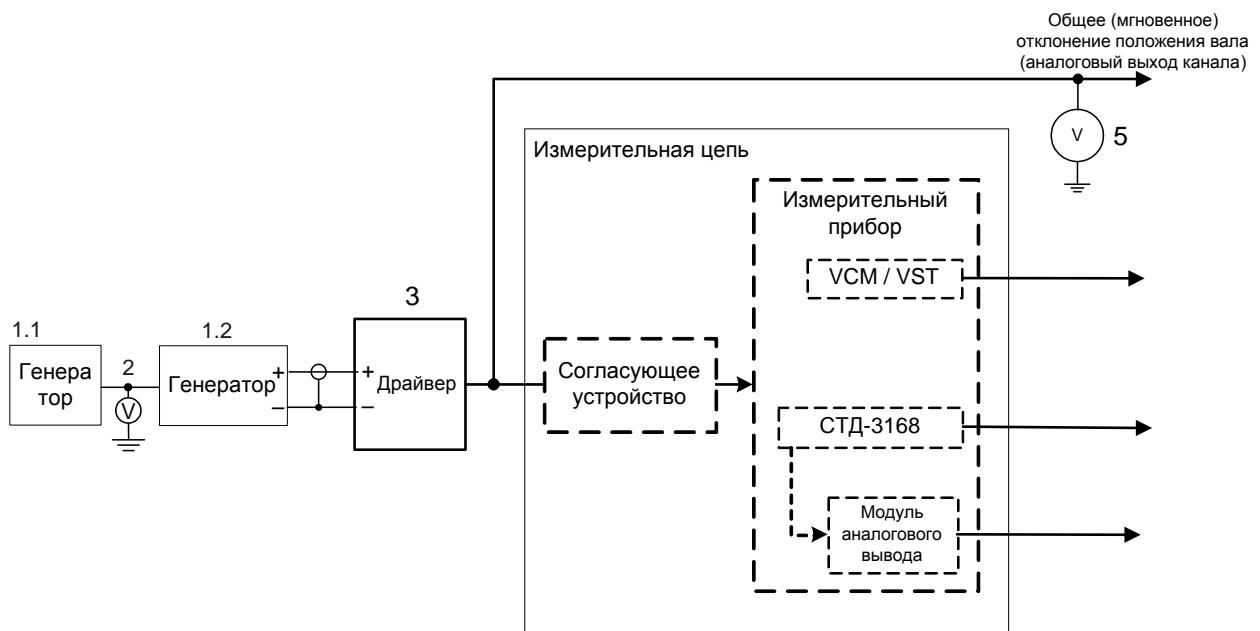


Рисунок 7. Схема проверки неравномерности АЧХ измерений общего отклонения, где:

1.1 – генератор модулирующего сигнала; 1.2 – генератор модулируемого сигнала; 2 – вольтметр СКЗ напряжения; 3 – драйвер вихревокового преобразователя; 5 – вольтметр СКЗ напряжения.

## 12.6 Определение разрешения (порога чувствительности) измерений общего отклонения

12.6.1 Для определения разрешения (порога чувствительности) измерений общего отклонения собрать схему в соответствии с Рисунок 6. При этом мультиметр (6) и компьютер (7) для указанного испытания не требуются.

Примечания:

1. Если канал измерений работает в режиме дифференциальных измерений, когда в состав канала входят два первичных вихревоковых преобразователя, схема проверки должна соответствовать приведенной в Приложении 2 настоящей методики. Дополнительно рекомендуется следовать указаниям пункта 7.10 документа КЕДР.401263.003 МП «Измеритель линейных перемещений двухканальный ИЛП-2. Методика поверки».

2. Во избежание получения повышенных уровней шумов и погрешностей канала, следует обратить особое внимание на правильность заземления измерителя и другого используемого оборудования в соответствии с Руководством по эксплуатации на измеритель. Испытательная схема собирается на заземленной металлической поверхности.

12.6.2 Установить на поверочное устройство УПД образец калибровочного материала, на который откалиброван испытуемый канал измерителя (указывается в паспорте на измеритель). Установить номинальный зазор  $S_0$ , указанный в паспорте на измеритель.

**Примечание:**

Образец калибровочного металла изготавливают в форме диска толщиной от 6 до 10 мм и диаметром от 15 до 30 мм (но не менее двух диаметров измерительной катушки вибропреобразователя), выполненный из металла той же марки, из которой изготовлена поверхность, вибрацию которой преобразует в электрический сигнал вибропреобразователь (например, сталь вала ротора турбины или генератора). Образец металла для поверки указанных выше размеров поставляет заказчик вместе с поверяемым измерителем.

12.6.3 Перевести мультиметр (5) в режим измерений напряжения постоянного тока.

12.6.4 Провести три измерения сигнала  $U_{0i}$  на выходе драйвера (согласующего устройства) с помощью вольтметра (5).

12.6.5 Изменить зазор на величину разрешения (порога чувствительности), указанную в руководстве по эксплуатации на измеритель, с помощью микрометрической головки, обладающей соответствующей ценой деления.

12.6.6 Провести три измерения сигнала  $U_{1i}$  (мВ) на выходе драйвера (согласующего устройства) с помощью вольтметра (5).

12.6.7 Вычислить среднее арифметическое  $U_0$  (мВ) результатов измерений, проведенных по пункту 12.6.4.

12.6.8 Вычислить среднее арифметическое  $U_1$  (мВ) результатов измерений, проведенных по пункту 12.6.6.

12.6.9 Рассчитать разрешение канала  $R$  (мкм) по формуле:

$$R = 1,12 \cdot \frac{|U_1 - U_0|}{K_{\Pi}}, \quad (31)$$

где  $U_1$  (мВ) – среднее арифметическое значение напряжения, рассчитанное в п. 12.6.8;

$U_0$  (мВ) – среднее арифметическое значение напряжения, рассчитанное в п. 12.6.7;

$K_{\Pi}$  (мВ/мкм) - действительный коэффициент преобразования драйвера, указанный в паспорте на измеритель или датчик.

12.6.10 Измеритель считается выдержавшим испытание, если полученное значение разрешения  $R$  не меньше указанного в паспорте на измеритель.

## **12.7 Определение основной приведенной погрешности измерений смещения (относительного положения)**

12.7.1 Для определения основной приведенной погрешности измерений смещения (относительного положения) собрать схему в соответствии с Рисунок 6. При этом вольтметр (5) для испытаний не требуется.

### **Примечания:**

1. Если канал измерений работает в режиме дифференциальных измерений, когда в состав канала входят два первичных вихревых преобразователя, схема проверки должна соответствовать приведенной в Приложении 2 настоящей методики. Дополнительно рекомендуется следовать указаниям пункта 7.6 документа КЕДР.401263.003 МП «Измеритель линейных перемещений двухканальный ИЛП-2. Методика поверки».
2. Во избежание получения повышенных уровней шумов и погрешностей канала, следует обратить особое внимание на правильность заземления измерителя и другого используемого оборудования в соответствии с Руководством по эксплуатации на измеритель. Испытательная схема собирается на заземленной металлической поверхности.
3. В зависимости от конфигурации канала измерений, которая определена в паспорте на измеритель, аналоговых выходов канала или цифрового выхода канала может не быть. В этом случае пункты проверок, относящиеся к данному выходу канала, не выполняются.
4. Измерительный прибор канала может состоять из преобразователя виброизмерительного вторичного СТД-3168 (с или без подключенного модуля вывода аналоговых сигналов) и/или преобразователя сигналов VCM / VST. Состав канала определен в паспорте на измеритель.
5. Аналоговый выход канала может формировать как выходной нормированный сигнал напряжения, так и сигнал тока. В последнем случае вместо вольтметра (5) подключается миллиамперметр по типовой схеме «токовая петля» (с внешним источником питания +24В или без него в зависимости от параметров аналогового токового выхода канала).

12.7.2 Установить на поверочное устройство УПД образец калибровочного материала, на который откалиброван испытуемый канал измерителя (указывается в паспорте на измеритель).

### **Примечание:**

Образец калибровочного металла изготавливают в форме диска толщиной от 6 до 10 мм и диаметром от 15 до 30 мм (но не менее двух диаметров измерительной катушки вибропреобразователя), выполненный из металла той же марки, из которой изготовлена поверхность, вибрацию которой преобразует в электрический сигнал вибропреобразователь (например, сталь вала ротора турбины или генератора).

Образец металла для поверки указанных выше размеров поставляет заказчик вместе с проверяемым измерителем.

12.7.3 Перевести мультиметр (6) в режим измерений постоянного напряжения.

12.7.4 Устанавливать не менее пяти значений смещения  $\Delta S_i$ , равномерно распределенных по диапазону измерений относительного положения (смещения, зазора, сдвига), указанному в паспорте на измеритель. При этом в начале устанавливается начальное (нулевое) значение смещения, которое соответствует установке начального зазора  $S_0$  на устройстве УПД. Затем устанавливаются не менее чем по два значения смещения влево и вправо от начального зазора, в том числе максимальные.

**Примечания:**

1. Установку начального зазора  $S_0$  рекомендуется выполнить по напряжению начального зазора, указанного в паспорте на измеритель или датчик, подкорректировав после этого показания (шкалу) микрометра. Тем самым будет обеспечена максимальная точность установки.
2. При измерениях устанавливаются как положительные, так и отрицательные значения  $\Delta S_i$  (относительно начального зазора), что необходимо учитывать при использовании нижеуказанных формул, подставляя в них соответственно положительные или отрицательные значения  $\Delta S_i$ . При этом при увеличении зазора относительно начального  $S_0$  смещение считается положительным, а при уменьшении зазора относительно  $S_0$  – отрицательным.

12.7.5 Для каждого установленного значения смещения  $\Delta S_i$  определить показание цифрового выхода канала измерений  $\Delta S_{A_i}$  (мм) по показанию программы «Каналы измерений» или «Монитор», и рассчитать показание аналогового выхода проверяемого канала измерений  $\Delta S_{A_i}$  (мм) по следующей формуле:

$$\Delta S_{A_i} = \frac{(V_i - V_{MIN})}{(V_{MAX} - V_{MIN})} \cdot D, \quad (32)$$

где  $V_i$  (В или мА) – показание вольтметра/амперметра (6) в режиме измерений постоянного напряжения/тока при установленном смещении  $S_i$ ;  $V_{MIN}$  и  $V_{MAX}$  (В или мА) – соответственно минимальное и максимальное значения (границы диапазона) выходного аналогового сигнала канала измерений при измерении смещения;  $D$  (мм) – диапазон измерений относительного положения (смещения, зазора, сдвига), указанный в паспорте

на измеритель (разность между наибольшим и наименьшим значениями диапазона).

12.7.6 По результатам измерений определяют приведенную разность измеренного и действительного значений по цифровому ( $\delta_{Qi}$ ) и аналоговому ( $\delta_{Ai}$ ) выходам канала, %:

$$\delta_{Qi} = \frac{|\Delta S_{Qi} - \Delta S_i|}{D} \cdot 100\% , \quad (34)$$

$$\delta_{Ai} = \frac{|\Delta S_{Ai} - \Delta S_i|}{D} \cdot 100\% , \quad (35)$$

где  $\Delta S_{Qi}$  (мм) –  $i$ -е измеренное по цифровому выходу канала значение смещения;  $\Delta S_{Ai}$  (мм) –  $i$ -е измеренное по аналоговому выходу канала значение смещения;  $\Delta S_i$  (мм) –  $i$ -е установленное (заданное) значение смещения;  $D$ (мм) – диапазон измерений относительного положения (смещения, зазора, сдвига), указанный в паспорте на измеритель (разность между наибольшим и наименьшим значениями диапазона).

12.7.7 За приведенную погрешность измерений смещения (относительного положения) вала в диапазоне измерений принимают:

- для цифрового выхода канала измерений – максимальное из значений, вычисленных по формуле (34), %:

$$\delta_Q^N = (\delta_{Qi})_{\max} \quad (36)$$

- для аналогового выхода канала измерений – максимальное из значений, вычисленных по формуле (35), %:

$$\delta_A^N = (\delta_{Ai})_{\max} \quad (37)$$

12.7.8 Рассчитать границы основной приведенной погрешности измерений смещения (относительного положения) вала в диапазоне измерений при доверительной вероятности 0,95:

- для цифрового выхода канала измерений  $\delta_{NB}^H$  (%) по формуле:

$$\delta_{\mathcal{U}}^{NB} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{(\delta_{\mathcal{U}}^N)^2 + \delta_{\mathcal{E}_T}^2} \quad (38)$$

- для аналогового выхода канала измерений  $\delta_{NB}^A$  (%) по формуле:

$$\delta_A^{NB} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{(\delta_A^N)^2 + \delta_{\mathcal{E}_T}^2} \quad (39)$$

где  $\delta_{\mathcal{U}}^N$  - приведенная погрешность измерений смещения (относительного положения) вала в диапазоне измерений для цифрового выхода канала;

$\delta_A^N$  - приведенная погрешность измерений смещения (относительного положения) вала в диапазоне измерений для аналогового выхода канала;

$\delta_{\mathcal{E}_T}$  - доверительная погрешность измерений эталонного средства измерений поверочного устройства УПД (головки микрометрической), с помощью которого проводились измерения.

**Примечание:**

Для устройства УПД доверительную погрешность можно рассчитать по формуле:

$$\delta_{\mathcal{E}_T} = \frac{\Delta_{\mathcal{E}_T}}{D} \cdot 100\%$$

где  $\Delta_{\mathcal{E}_T}$  (мкм) – абсолютная погрешность измерений устройства УПД,  $D$  (мкм) – диапазон измерений, указанный в паспорте на измеритель (разность между наибольшим и наименьшим значениями диапазона).

12.7.9 Цифровой выход канала считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной приведенной погрешности измерений смещения (относительного положения) вала в диапазоне измерений при доверительной вероятности 0,95 для цифрового выхода канала  $\delta_{\mathcal{U}}^{NB}$  не превышают предела допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

12.7.10 Аналоговый выход канала считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной приведенной погрешности измерений смещения (относительного положения) вала в диапазоне измерений при доверительной вероятности 0,95 для аналогового выхода канала  $\delta_A^{NB}$  не превышают предела допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

## 12.8 Определение основной приведенной погрешности измерений параметров виброперемещения

12.8.1 Собрать схему проверки в соответствии с Рисунок 8.

### Примечания:

1. Если канал измерений работает в режиме дифференциальных измерений, когда в состав канала входят два первичных вихревых преобразователя, схема проверки должна соответствовать приведенной в Приложении 3 настоящей методики. Дополнительно рекомендуется следовать указаниям пункта 7.7 документа КЕДР.401263.003 МП «Измеритель линейных перемещений двухканальный ИЛП-2. Методика поверки».
2. Во избежание получения повышенных уровней шумов и погрешностей канала, следует обратить особое внимание на правильность заземления измерителя, поверочной виброустановки и другого используемого оборудования в соответствии с Руководством по эксплуатации на измеритель и виброустановку.
3. В зависимости от конфигурации канала измерений, которая определена в паспорте на измеритель, аналоговых выходов канала или цифрового выхода канала может не быть. В этом случае пункты проверок, относящиеся к данному выходу канала, не выполняются.
4. Измерительный прибор канала может состоять из преобразователя виброметрического вторичного СТД-3168 (с или без подключенного модуля вывода аналоговых сигналов) и/или преобразователя сигналов VCM / VST. Состав канала определен в паспорте на измеритель.
5. Аналоговый выход канала может формировать как выходной нормированный сигнал напряжения, так и сигнал тока. В последнем случае вместо вольтметра (5) подключается миллиамперметр по типовой схеме «токовая петля» (с внешним источником питания +24В или без него в зависимости от параметров аналогового токового выхода канала).

12.8.2 Установить на рабочий стол вибростенда (1.2) образец калибровочного материала (9), на который откалиброван испытуемый канал измерителя (указывается в паспорте на измеритель).

### Примечание:

Образец калибровочного металла изготавливают в форме диска толщиной от 6 до 10 мм и диаметром от 15 до 30 мм (но не менее двух диаметров измерительной катушки вибропреобразователя), выполненный из металла той же марки, из которой изготовлена поверхность, вибрацию которой преобразует в электрический сигнал вибропреобразователь (например, сталь вала ротора турбины или генератора). Образец металла для поверки указанных выше размеров поставляет заказчик вместе с поверяемым измерителем.

12.8.3 Установить на вибростенд приспособление (8) для крепления первичного вихревого преобразователя. Установить на приспособление (8) первичный вихревой преобразователь (2) проверяемого канала.

12.8.4 Установить номинальный зазор  $S_0$  от поверхности калибровочного материала до измерительной поверхности вибропреобразователя, указанный в паспорте на измеритель.

12.8.5 В канале измерений может быть сконфигурировано несколько измеряемых параметров виброперемещения. В этом случае проверки выполняются по одному из параметров, как правило по тому, который является основным при измерениях и контроле оборудования при помощи измерителя АСТД-2М<sup>10</sup>.

12.8.6 По желанию заказчика, проверки могут быть выполнены по нескольким измеряемым параметрам виброперемещения канала.

12.8.7 Определение основной приведенной погрешности измерений параметров виброперемещения в диапазоне измерений выполняется на базовой частоте 40 Гц.

**Примечание:**

Если технические возможности используемой поверочной виброустановки не позволяют проводить измерения на указанной базовой частоте, то измерения проводят на одной из частот диапазона рабочих частот измерителя, на которой требуемые значения измеряемого параметра достижимы.

12.8.8 Измерения проводят не менее чем при пяти значениях измеряемого параметра виброперемещения, равномерно распределенных по диапазону измерений, указанному в паспорте на измеритель. Одно из значений должно быть равно минимальному значению диапазона измерений, другое - максимальному.

12.8.9 Задать с помощью поверочной виброустановки требуемое действительное значение параметра виброперемещения  $S_{D_i}$ .

**Примечания:**

1. При задании действительного значения  $S_{D_i}$  для максимального измеряемого значения данного канала необходимо следить за тем, чтобы показания цифрового и аналогового выходов канала не превысили допустимых величин.

---

<sup>10</sup> Так как все сконфигурированные параметры вибрации канала вычисляются программным способом из единого измеренного каналом сигнала вибрации, то проверки всех параметров вибрации излишни.

2. Если поверочная виброустановка не позволяет задавать непосредственно требуемые действительные значения виброперемещения, то значение виброперемещения, задаваемое с помощью поверочной виброустановки, вычисляют по одной из формул, мкм:

$$S_d = \frac{a_d}{(2\pi f)^2} \cdot 10^6, \quad (40)$$

$$S_d = \frac{v_d}{2\pi f} \cdot 10^3, \quad (41)$$

где:  $a_d$  - действительное значение виброускорения, м/с<sup>2</sup>;

$v_d$  - действительное значение виброскорости, мм/с;

$S_d$  - действительное значение виброперемещения, мкм;

$f$  - частота задаваемых с помощью поверочной виброустановки колебаний, Гц;

$\pi \approx 3,1416$ .

2. Числовые значения  $a_d$ ,  $v_d$  и  $S_d$  здесь выражают либо размахи (peak-peak), либо амплитуды (peak), либо СКЗ измеряемых физических величин (виброускорения, виброскорости и виброперемещения) в зависимости от проверяемого параметра вибрации.

3. При необходимости, можно воспользоваться формулами пересчета размах – амплитуда – СКЗ, которые действительны исключительно для синусоидальной формы сигнала вибрации:

$$a_d^{Пик-Пик} = 2 \cdot a_d^{Амп} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_d^{СКЗ} \quad (42)$$

$$v_d^{Пик-Пик} = 2 \cdot v_d^{Амп} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot v_d^{СКЗ} \quad (43)$$

$$S_d^{Пик-Пик} = 2 \cdot S_d^{Амп} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot S_d^{СКЗ} \quad (44)$$

12.8.10 Определить показание цифрового выхода проверяемого канала измерений  $S_{H_i}$  (мкм) по показанию программы «Каналы измерений» или «Монитор», и рассчитать показание аналогового выхода проверяемого канала измерений  $S_{A_i}$  (мкм) по следующей формуле:

$$S_{A_i} = \frac{(V_i - V_{MIN})}{(V_{MAX} - V_{MIN})} \cdot D \quad (45)$$

где:  $V_i$  (В или мА) – показание вольтметра/амперметра постоянного тока

(6) на Рисунок 8;  $V_{MIN}$  и  $V_{MAX}$  (В или мА) – соответственно минимальное и максимальное значения (границы диапазона) выходного аналогового сигнала аналогового выхода канала измерителя, указанные в паспорте на измеритель;  $D$

(мкм) - диапазон измерений измеряемого параметра виброперемещения, указанный в паспорте на измеритель (разность между наибольшим и наименьшим значениями диапазона измерений).

**Примечание:**

Рекомендуется при каждом значении задаваемой величины  $S_{D_i}$  проводить считывание показаний выходов проверяемого канала  $S_{U_i}$  и  $S_{A_i}$  не менее трех раз, определять среднее арифметическое показание выхода проверяемого канала и применять его в дальнейших расчетах.

12.8.11 По результатам измерений определяют приведенную разность измеренного и действительного значений по цифровому ( $\delta_{U_i}$ ) и токовому ( $\delta_{A_i}$ ) выходам канала, %:

$$\delta_{U_i} = \frac{|S_{U_i} - S_{D_i}|}{D} \cdot 100\% ; \quad (46)$$

$$\delta_{A_i} = \frac{|S_{A_i} - S_{D_i}|}{D} \cdot 100\% , \quad (47)$$

где  $S_{D_i}$  (мкм) - действительное (заданное) значение измеряемого параметра виброперемещения,  $S_{U_i}$  и  $S_{A_i}$  (мкм) - соответственно измеренное по цифровому и аналоговому выходу значение измеряемого параметра виброперемещения,  $D$  (мкм) - диапазон измерений измеряемого параметра виброперемещения, указанный в паспорте на измеритель (разность между наибольшим и наименьшим значениями диапазона измерений).

12.8.12 За приведенную погрешность измерений параметров виброперемещения в диапазоне измерений принимают:

- для цифрового выхода канала измерений – максимальное из значений, вычисленных по формуле (46), %:

$$\delta_U^N = (\delta_{U_i})_{\max} \quad (48)$$

- для аналогового выхода канала измерений – максимальное из значений, вычисленных по формуле (47), %:

$$\delta_A^N = (\delta_{A_i})_{\max} \quad (49)$$

12.8.13 Рассчитать границы основной приведенной погрешности измерений параметров вибропреремещения в диапазоне измерений на базовой частоте при доверительной вероятности 0,95 :

- для цифрового выхода канала измерений  $\delta_{Ц}^{NB}$  (%) по формуле:

$$\delta_{Ц}^{NB} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{(\delta_{Ц}^N)^2 + \delta_{ЭT}^2} \quad (50)$$

- для аналогового выхода канала измерений  $\delta_A^{NB}$  (%) по формуле:

$$\delta_A^{NB} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{(\delta_A^N)^2 + \delta_{ЭT}^2} \quad (51)$$

где  $\delta_{Ц}^N$  - приведенная погрешность измерений параметров вибропреремещения в диапазоне измерений для цифрового выхода канала измерений;  $\delta_A^N$  - приведенная погрешность измерений параметров вибропреремещения в диапазоне измерений для аналогового выхода канала измерений;  $\delta_{ЭT}$  - доверительная погрешность эталонного средства измерений (виброустановки калибровочной), с помощью которого проводились измерения.

12.8.14 Цифровой выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной приведенной погрешности измерений параметров вибропреремещения в диапазоне измерений на базовой частоте при доверительной вероятности 0,95 для цифрового выхода канала  $\delta_{Ц}^{NB}$  не превышают предела допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

12.8.15 Аналоговый выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной приведенной погрешности измерений параметров вибропреремещения в диапазоне измерений на базовой частоте при доверительной вероятности 0,95 для аналогового выхода канала  $\delta_A^{NB}$  не превышают предела допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

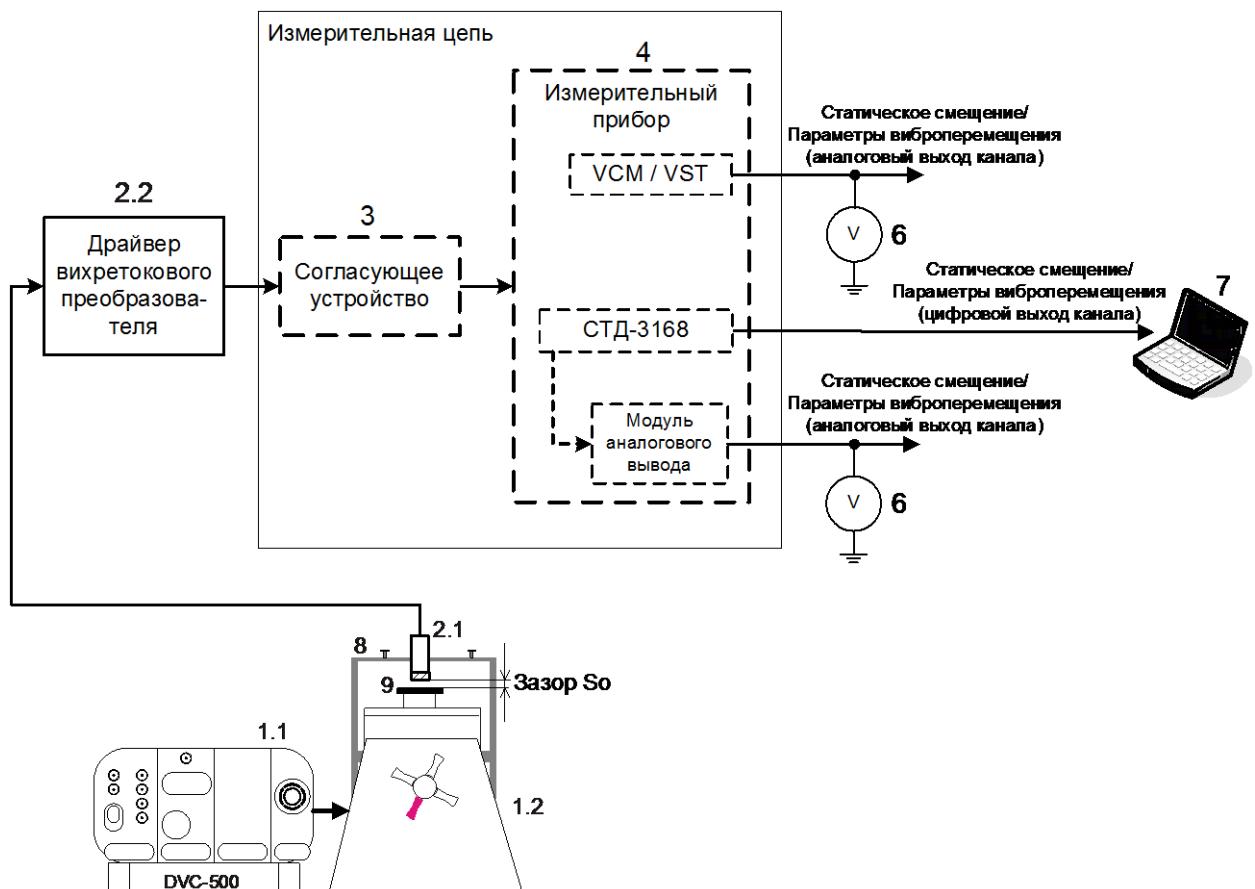


Рисунок 8. Схема проверки канала измерений относительного перемещения на динамическом вибростенде, где:

1.1 – блок управления виброустановки калибровочной DVC-500; 1.2 – вибростенд виброустановки калибровочной DVC-500; 2.1 – первичный вихревой преобразователь проверяемого канала; 2.2 – драйвер проверяемого канала; 3 – согласующее устройство (при необходимости); 4 – измерительный прибор проверяемого канала<sup>11</sup>; 6 – мультиметр (вольтметр постоянного тока)<sup>12</sup>; 7 – персональный компьютер (ПК) с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор»; 8 – приспособление для установки вихревого преобразователя на вибростенд; 9 – калибровочный материал, устанавливаемый на рабочую площадку вибростенда.

## 12.9 Определение неравномерности АЧХ измерений параметров виброперемещения

12.9.1 Собрать схему проверки в соответствии с Рисунком 8, выполнив пункты 12.8.1 - 12.8.6 настоящей методики.

<sup>11</sup> В зависимости от конфигурации канала измерений, измерительный прибор канала состоит из преобразователя виброизмерительного вторичного СТД-3168, модуля аналогового вывода и/или преобразователя сигналов VCM / VST. Состав канала определен в паспорте на измеритель.

<sup>12</sup> Аналоговый выход канала может выдавать также сигнал тока. В этом случае мультиметр (6) подключается в режиме миллиамперметра по типовой схеме «токовая петля» (с внешним источником питания или без него в зависимости от параметров токового сигнала модуля аналогового вывода / VCM / VST).

12.9.2 Неравномерность АЧХ измерений параметров виброперемещения в диапазоне рабочих частот определяют при постоянном заданном значении параметра виброперемещения не менее чем при десяти значениях частот, находящихся в пределах диапазона рабочих частот параметра виброперемещения канала измерений, указанного в паспорте на измеритель.

**Примечания:**

1. Значения частот выбирают из расчета, чтобы не менее пяти значений были равномерно распределены по диапазону рабочих частот, причем первое и последнее значения частоты должны совпадать с минимумом и максимумом диапазона рабочих частот (с учетом параметров фильтров) соответственно. Также в измерениях должна присутствовать базовая частота, выбранная по п. 10.3.1 настоящей методики. Кроме того, значения частот должны входить в следующий ряд: 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; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000; 12500; 16000; 20000 Гц. Допускается отклонение частот от значений указанного ряда при сохранении интервала между отдельными частотами не менее октавы.
2. Задаваемое с помощью поверочной виброустановки значение амплитуды (peak) виброперемещения должно быть не менее 5 мкм, желательно более 10 мкм. Если используемая поверочная виброустановка не позволяет воспроизводить требуемое действительное значение параметра виброперемещения на некоторых частотах ряда (обычно от 500 Гц и выше), то для этих частот допускается устанавливать

меньшее значение действительного параметра виброперемещения  $S_{\mathcal{A}f_i}$  (но не менее 5 мкм амплитуды), а полученные результаты измерения ( $S_{Uf_i}$  и  $S_{If_i}$ ) домножают на коэффициент  $K = \frac{S_{\mathcal{A}f_{баз}}}{S_{\mathcal{A}f_i}}$ , где

$S_{\mathcal{A}f_{баз}}$  - действительное значение параметра виброперемещения, устанавливаемое на базовой частоте  $f_{баз}$ , а  $S_{\mathcal{A}f_i}$  - действительное значение параметра виброперемещения, устанавливаемое на частоте  $f_i$ .

12.9.3 Последовательно на частотах ряда, указанного в п. 12.9.2 настоящей методики, задавать с помощью поверочной виброустановки одно и то же действительное значение параметра виброперемещения (см. Примечание 2 к п. 12.9.2).

12.9.4 Определять показание цифрового выхода проверяемого канала измерений  $S_{Uf_i}$  (мкм) по показанию программы «Каналы измерений» или «Монитор», и рассчитывать показание аналогового выхода проверяемого канала измерений  $S_{Af_i}$  (мкм) по формуле (45) из пункта 12.8.10 настоящей методики. Вольтметр (6) должен работать в режим измерений напряжения постоянного тока.

**Примечания:**

2. Рекомендуется на каждой устанавливаемой частоте диапазона проводить не менее трех измерений для каждого выхода канала ( $S_{Uf_i}$  и  $S_{Af_i}$ ), определять среднее арифметическое значение трех измерений для каждого выхода и применять его в дальнейших расчетах.

12.9.5 По результатам измерений для каждой устанавливаемой частоты определяют относительное отклонение измеренного значения на частоте  $f_i$  от измеренного значения на базовой частоте  $f_{BA3}$  по цифровому ( $\gamma_{Uf_i}$ ) и аналоговому ( $\gamma_{Af_i}$ ) выходам канала, %:

$$\gamma_{Uf_i} = \frac{|S_{Uf_i} - S_{Uf_{BA3}}|}{S_{Uf_{BA3}}}, \quad (52)$$

$$\gamma_{Af_i} = \frac{|S_{Af_i} - S_{Af_{BA3}}|}{S_{Af_{BA3}}}, \quad (53)$$

где  $S_{Uf_{BA3}}$  и  $S_{Af_{BA3}}$  - измеренные соответственно по цифровому и токовому выходу канала измерений значения на базовой частоте, выбранной по п. 12.8.7 настоящей методики (дополнительно см. Примечание 2 к пункту 12.9.3).

12.9.6 За неравномерность АЧХ измерений параметров виброперемещения в диапазоне рабочих частот по цифровому выходу принимают максимальное значение, вычисленное по формуле (52), %:

$$\gamma_U = \pm(\gamma_{Uf_i})_{\max}. \quad (54)$$

12.9.7 За неравномерность АЧХ измерений параметров виброперемещения в диапазоне рабочих частот по аналоговому выходу принимают максимальное значение, вычисленное по формуле (53), %:

$$\gamma_A = \pm (\gamma_{Af_i})_{\max} \quad (55)$$

12.9.8 Цифровой выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если неравномерность АЧХ измерений параметров виброперемещения в диапазоне рабочих частот по цифровому выходу  $\gamma_{\text{Ц}}$  не превышает допускаемого значения, указанного в паспорте на измеритель.

12.9.9 Аналоговый выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если неравномерность АЧХ измерений параметров виброперемещения в диапазоне рабочих частот по аналоговому выходу  $\gamma_A$  не превышает допускаемого значения, указанного в паспорте на измеритель.

## 13 ПРОВЕРКИ ДЛЯ КАНАЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ БЕЗ ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

### 13.1 Подготовка к проверке канала

13.1.1 Собрать схему проверки канала измерений виброперемещения в соответствии с Рисунок 9.

#### Примечания:

1. Во избежание получения повышенных уровней шумов и погрешностей канала, следует обратить особое внимание на правильность заземления измерителя, источника сигналов и другого используемого оборудования в соответствии с Руководством по эксплуатации на измеритель.
- 2 В случае использования источника сигналов без измерительной системы напряжение на выходе источника сигналов контролировать вольтметром класса точности не хуже 0,1.
3. В зависимости от конфигурации канала измерений, которая определена в паспорте на измеритель, аналоговых выходов канала или цифрового выхода канала может не быть. В этом случае пункты проверок, относящиеся к данному выходу канала, не выполняются.
4. Измерительный прибор канала может состоять из преобразователя виброизмерительного вторичного СТД-3168 (с или без подключенного модуля вывода аналоговых сигналов) и/или преобразователя сигналов VCM / VST. Состав канала определен в паспорте на измеритель.
5. Аналоговый выход канала может формировать как выходной нормированный сигнал напряжения, так и сигнал тока. В последнем случае вместо вольтметра (6) подключается миллиамперметр по типовой схеме «токовая петля» (с внешним источником питания +24В или без него в зависимости от параметров аналогового токового выхода канала).

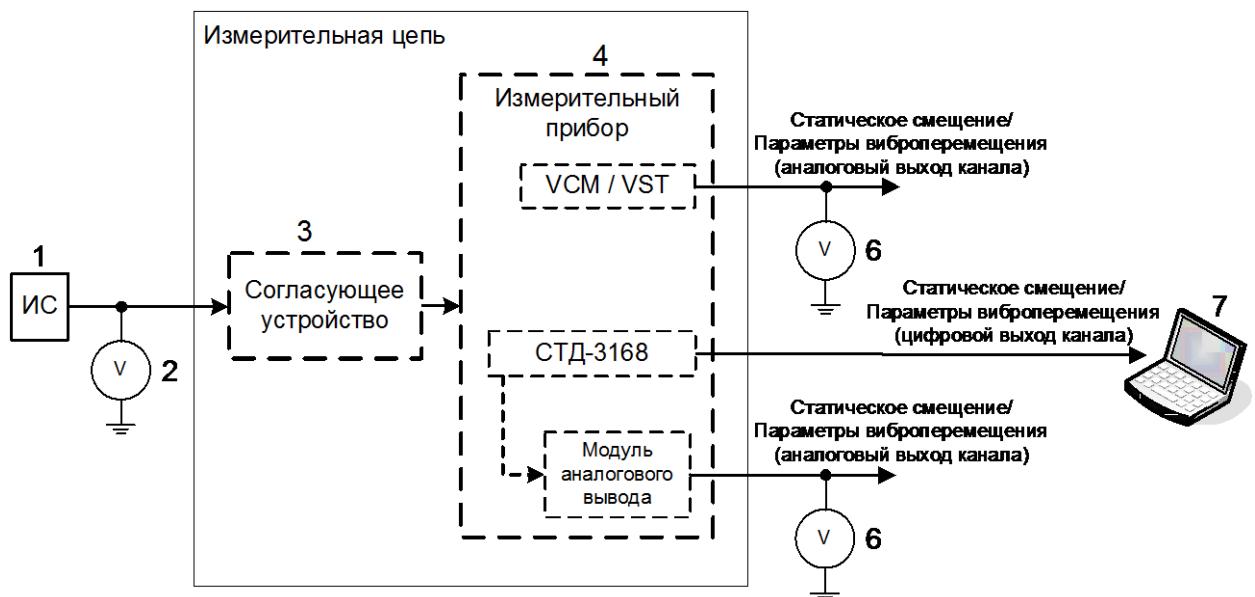


Рисунок 9. Схема проверки канала измерений виброперемещения без вибропреобразователя (измерительной цепи канала), где:

1 – источник сигнала; 2 – вольтметр для контроля напряжения источника сигнала; 3 –согласующее устройство проверяемого канала (при наличии); 4 – измерительный прибор проверяемого канала; 6 – мультиметр; 7 – персональный компьютер (ПК) с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор».

13.1.2 В соответствии с руководствами по эксплуатации включить измеритель АСТД-2М, источник сигналов.

13.1.3 Прогреть компоненты измерительной цепи проверяемого канала измерителя, источник сигналов и другие средства поверки.

13.1.4 Включить ПК, открыть окно приложения «Каналы измерений» или «Монитор».

## 13.2 Определение уровня собственного шума канала

13.2.1 Собрать схему проверки в соответствии с Рисунком 9, выполнив действия по пункту 13.1 настоящей методики.

13.2.2 Источник сигналов не использовать, «закоротив» вход измерительной цепи канала.

13.2.3 Вольтметр (6) преключить в режим измерений СКЗ напряжения переменного тока.

13.2.4 Определить величину  $N_{\Pi}$  (мкм) уровня собственного шума цифрового выхода проверяемого канала измерений по показанию программы «Каналы измерений» или «Монитор».

13.2.5 Определить величину  $N_A$  (мкм) уровня СКЗ собственного шума аналогового выхода проверяемого канала измерений по следующей формуле:

$$N_A = \frac{V}{K_{\Pi}}, \quad (56)$$

где  $V$  (мВ)- показание вольтметра (6) в режиме измерений СКЗ напряжения переменного тока;  $K_{\Pi}$  (мВ/мкм) – коэффициент преобразования аналогового выхода измерительного канала.

13.2.6 Измерительный канал считается выдержавшим испытание, если величины  $N_{\Pi}$  и  $N_A$  уровня собственного шума канала измерений не превышают допускаемых значений, указанных в паспорте или руководстве по эксплуатации на измеритель. При необходимости, выполнить мероприятия по снижению уровня шума канала до допустимых уровней, в том числе проверив наличие и правильность заземления, а также качество используемого внешнего источника питания.

### **13.3 Определение основной приведенной погрешности измерений смещения (относительного положения) вала**

13.3.1 Собрать схему проверки в соответствии с Рисунок 9, выполнив действия по пункту 13.1 настоящей методики.

13.3.2 В качестве источника сигнала (1) использовать регулируемый источник постоянного напряжения, в качестве вольтметра (2) – вольтметр постоянного тока.

13.3.3 При помощи источника питания (1) устанавливать не менее пяти значений напряжения  $U_{\Delta_i}$ , соответствующих требуемому действительному значению смещения  $\Delta Si$ , равномерно распределенных по диапазону измерений относительного положения (смещения, зазора, сдвига), указанному в паспорте на измеритель. При этом в начале устанавливается начальное (нулевое) значение смещения, затем устанавливаются не менее чем по два значения смещения влево и вправо от нулевого значения, в том числе максимальные.

13.3.4 Для расчета устанавливаемого напряжения воспользоваться формулой:

$$U_{\Delta_i} = K \cdot \Delta S_i + B, \quad (57)$$

где: **K** (В/мм) – коэффициент преобразования канала измерений смещения;  
**B** (В) – смещение канала измерений смещения (определенны в паспорте на измеритель).

**Примечание:**

При задании действительного значения смещения  $\Delta S_i$  для максимального измеряемого значения данного канала необходимо следить за тем, чтобы показания цифрового и токового выходов канала не превысили допустимых величин.

13.3.5 Выполнить действия по пунктам 12.7.5 - 12.7.8 настоящей методики. В качестве параметра  $\delta_{\vartheta_T}$  использовать доверительную погрешность вольтметра (2) на Рисунок 9.

13.3.6 Цифровой выход канала считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной приведенной погрешности измерений смещения (относительного положения) вала в диапазоне измерений при доверительной вероятности 0,95 для цифрового выхода канала  $\delta_{\vartheta}^{NB}$  не превышают предела допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

13.3.7 Аналоговый выход канала считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной приведенной погрешности измерений смещения (относительного положения) вала в диапазоне измерений при доверительной вероятности 0,95 для аналогового выхода канала  $\delta_{A}^{NB}$  не превышают предела допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

### 13.4 Определение основной приведенной погрешности измерений параметров виброперемещения

13.4.1 Собрать схему проверки в соответствии с Рисунок 9, выполнив действия по пункту 13.1 настоящей методики.

13.4.2 В качестве источника сигнала (1) использовать генератор сигналов низкочастотный прецизионный, в качестве вольтметра (2) – вольтметр СКЗ переменного напряжения.

13.4.3 В канале измерений может быть сконфигурировано несколько измеряемых параметров виброперемещения. В этом случае проверки выполняются по одному из параметров, как правило по тому, который является основным при измерениях и контроле оборудования при помощи измерителя АСТД-2М<sup>13</sup>.

13.4.4 По желанию заказчика, проверки могут быть выполнены по нескольким измеряемым параметрам виброперемещения канала.

13.4.5 Определение основной приведенной погрешности измерений параметров виброперемещения в диапазоне измерений выполняется на базовой частоте 40 Гц.

13.4.6 Измерения проводят не менее чем при пяти значениях измеряемого параметра виброперемещения, равномерно распределенных по диапазону измерений, указанному в паспорте на измеритель. Одно из значений должно быть равно минимальному значению диапазона измерений, другое - максимальному.

13.4.7 Задать с помощью генератора (1) СКЗ напряжение  $U_{\Gamma}^{CK3}$  (В), соответствующее требуемому действительному значению параметра виброперемещения  $S_{\Delta_i}$ .

**Примечания:**

1 Задаваемое СКЗ напряжение  $U_{\Gamma}^{CK3}$  (В), соответствующее требуемому действительному значению измеряемого параметра  $S_{\Delta_i}$ , мкм, определяется по следующим формулам:

- для параметра «размах виброперемещения»:

$$U_{\Gamma}^{CK3} = \frac{U_{\Gamma}^{PP}}{2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{S_{\Delta_i}^{PP} \cdot K_{\Pi} \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \sqrt{2}} \quad (58)$$

- для параметра «амплитуда виброперемещения»:

$$U_{\Gamma}^{CK3} = \frac{U_{\Gamma}^{Пик}}{\sqrt{2}} = \frac{S_{\Delta_i}^{Пик} \cdot K_{\Pi} \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2}} \quad (59)$$

- для параметра «СКЗ виброперемещения»:

$$U_{\Gamma}^{CK3} = S_{\Delta_i}^{CK3} \cdot K_{\Pi} \cdot 10^{-3} \quad (60)$$

где  $K_{\Pi}$  (мВ/мкм) - коэффициент преобразования канала (берется из паспорта на измеритель).

---

<sup>13</sup> Так как все сконфигурированные параметры вибрации канала вычисляются программным способом из единого измеренного каналом сигнала вибрации, то проверки всех параметров вибрации излишни.

2 В процессе проверок необходимо следить за тем, чтобы подаваемый на вход измерительной цепи канала сигнал напряжения  $U_{\Gamma}^{CK3}$  не превышал допустимого для компонентов канала уровня.

3 При задании действительного значения  $S_{D_i}^{Пик}$  для максимального измеряемого значения данного канала необходимо следить за тем, чтобы показания цифрового и токового выходов канала не превысили допустимых величин.

4. При необходимости, можно воспользоваться формулами пересчета размах – амплитуда – СКЗ, которые действительны исключительно для синусоидальной формы сигнала вибрации:

$$S_{D_i}^{Пик-Пик} = 2 \cdot S_{D_i}^{Пик} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot S_{D_i}^{CK3} \quad (61)$$

13.4.8 Выполнить действия по пунктам 12.8.10 - 12.8.13 настоящей методики. В качестве параметра  $\delta_{\Theta_T}$  использовать доверительную погрешность вольтметра (2) на Рисунок 9.

13.4.9 Цифровой выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной приведенной погрешности измерений параметров виброперемещения в диапазоне измерений на базовой частоте при доверительной вероятности 0,95 для цифрового выхода канала  $\delta_{Ц}^{NB}$  не превышают предела допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

13.4.10 Аналоговый выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной приведенной погрешности измерений параметров виброперемещения в диапазоне измерений на базовой частоте при доверительной вероятности 0,95 для аналогового выхода канала  $\delta_{A}^{NB}$  не превышают предела допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

### **13.5 Определение неравномерности АЧХ измерений параметров виброперемещения**

13.5.1 Собрать схему проверки в соответствии с Рисунок 9, выполнив действия по пункту 13.1 настоящей методики.

13.5.2 В качестве источника сигнала (1) использовать генератор сигналов низкочастотный прецизионный, в качестве вольтметра (2) – вольтметр СКЗ напряжения переменного тока.

13.5.3 В канале измерений может быть сконфигурировано несколько измеряемых параметров виброперемещения. В этом случае проверки выполняются по тем же параметрам, что и в п. 13.4.

13.5.4 Неравномерность АЧХ измерений параметров виброперемещения в диапазоне рабочих частот определяют при постоянном заданном значении параметра виброперемещения, равном не менее 50% от верхнего диапазона измерений, не менее чем при пяти значениях частот, находящихся в пределах диапазона рабочих частот параметра виброперемещения канала измерений, указанного в паспорте на измеритель. Значения частот выбирают исходя из Примечания 1 к п. 12.9.2.

13.5.5 Последовательно на частотах ряда, выбранных по п. 13.5.4 настоящей методики, задавать с помощью генератора (1) одно и то же действительное значение параметра виброперемещения (см. п. 13.5.4).

13.5.6 Выполнить действия по п.п. 12.9.4 - 12.9.7 настоящей методики.

13.5.7 Цифровой выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если неравномерность АЧХ измерений параметров виброперемещения в диапазоне рабочих частот по цифровому выходу  $\gamma_{Ц}$  не превышает допускаемого значения, указанного в паспорте на измеритель.

13.5.8 Аналоговый выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если неравномерность АЧХ измерений параметров виброперемещения в диапазоне рабочих частот по аналоговому выходу  $\gamma_A$  не превышает допускаемого значения, указанного в паспорте на измеритель.

## 14 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОЙ ПОГРЕШНОСТИ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ

14.1 Собрать схему проверки канала измерений частоты вращения в соответствии с Рисунок 10.

### Примечания:

1. Следует обратить особое внимание на правильность заземления измерителя, генератора (1) и другого используемого оборудования в соответствии с Руководством по эксплуатации на измеритель.
- 2 В случае использования генератора без измерительной системы, частоту на выходе генератора контролировать частотомером класса точности не ниже 0,01.

3. В зависимости от конфигурации канала измерений, которая определена в паспорте на измеритель, аналоговых выходов канала или цифрового выхода канала может не быть. В этом случае пункты проверок, относящиеся к данному выходу канала, не выполняются.

4. Измерительный прибор канала может состоять из преобразователя виброизмерительного вторичного СТД-3168 (с или без подключенного модуля вывода аналоговых сигналов) и/или преобразователя сигналов VCM / VST. Состав канала определен в паспорте на измеритель.

5. Аналоговый выход канала может формировать как выходной нормированный сигнал напряжения, так и сигнал тока. В последнем случае вместо вольтметра (6) подключается миллиамперметр по типовой схеме «токовая петля» (с внешним источником питания +24В или без него в зависимости от параметров аналогового токового выхода канала).

14.2 В зависимости от используемых в проверяемом канале компонентов в качестве согласующего устройства (определенены в паспорте на измеритель) и от задаваемой частоты  $F$ , параметры сигнала (амплитуда  $A$ , период  $T$  и ширина импульса  $t$ ), подаваемого с генератора  $\Gamma$  (1), должны соответствовать Таблица 4.

14.3 В соответствии с руководствами по эксплуатации включить измеритель АСТД-2М.

14.4 В соответствии с руководствами по эксплуатации включить генератор (1).

14.5 Прогреть измеритель, генератор  $\Gamma$ , а также вспомогательные средства поверки.

14.6 Включить ПК, открыть окно приложения «Каналы измерений» или «Монитор».

14.7 Основную погрешность канала в диапазоне измерений частоты вращения определяют не менее чем при пяти измеряемых значениях, равномерно распределенных по диапазону измерений канала. При этом одно из измеряемых значений должно быть равно минимальному значению диапазона, другое – максимальному.

14.8 При помощи генератора  $\Gamma$  (1) установить требуемое действительное значение частоты вращения  $F_{\text{дл}}$ ,  $\text{c}^{-1}$  с учетом рекомендаций пункта 14.2 .

**Примечание:**

При задании действительного значения  $F_{di}$  для максимального измеряемого значения диапазона необходимо следить за тем, чтобы показания цифрового и токового выходов канала не превысили допустимых величин.

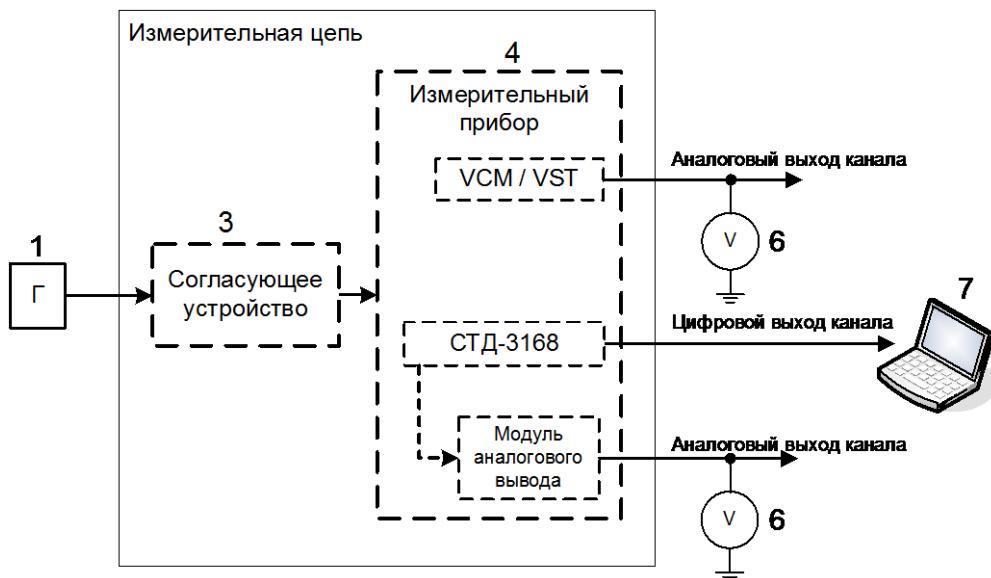


Рисунок 10. Схема проверки канала измерений частоты вращения:  
 1 – генератор низкочастотный измерительный; 3 – устройство согласующее проверяемого канала;  
 4 – измерительный прибор проверяемого канала; 6 – вольтметр постоянного тока; 7 –  
 персональный компьютер (ПК) с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор».

**Таблица 4 - Параметры сигнала генератора**

Согласующее устройство	Сигнал	Параметры сигнала		
		A, В	t, с	T, с
ФР-04	Синусоидальный, $F_e=20$ Гц, амплитуда 1 В СКЗ	-	-	-
MC-04-1	Рисунок 11	2	$\frac{1}{100 \cdot F}$	$\frac{1}{F}$
MC-04-2	Рисунок 12	0,7		
MC-04-3	Рисунок 11			

MC-06	Рисунок 11	0,5	$\frac{1}{18 \cdot F}$	
MC-07	Рисунок 13	-	$\frac{1}{100 \cdot F}$	
MC-08				

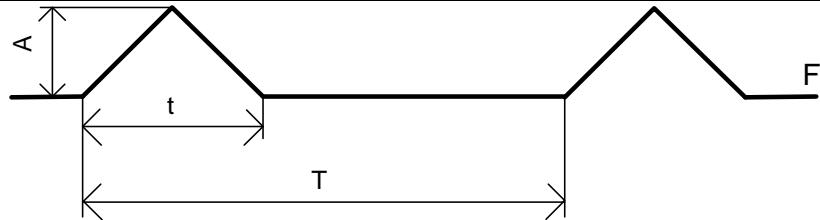


Рисунок 11. Форма сигнала генератора для MC-04-1, MC-04-3, MC-06

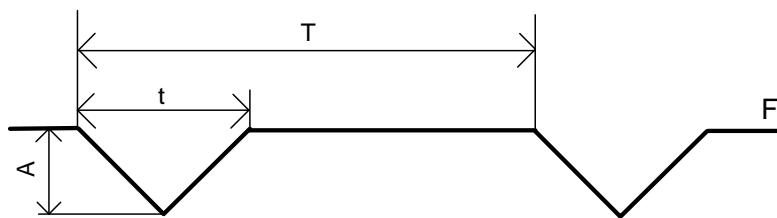


Рисунок 12. Форма сигнала генератора для MC-04-2

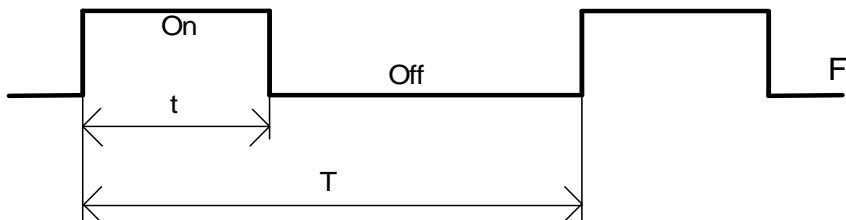


Рисунок 13. Форма сигнала генератора для MC-07, MC-08

14.9 Определить показание цифрового выхода проверяемого канала измерений  $F_{D_i}$  ( $s^{-1}$ ) по показанию программы «Каналы измерений» или «Монитор» и рассчитать показание аналогового выхода проверяемого канала измерений  $F_{A_i}$  ( $s^{-1}$ ) по следующей формуле:

$$F_{A_i} = \frac{(V_i - V_{MIN})}{(V_{MAX} - V_{MIN})} \cdot D \quad (62)$$

где:  $V_i$  (В или мА) – показание вольтметра/амперметра постоянного тока (6);  $V_{MIN}$  и  $V_{MAX}$  (В или мА) – соответственно минимальное и максимальное значения (границы диапазона) выходного сигнала аналогового выхода канала измерителя,

указанные в паспорте на измеритель;  $D$  ( $\text{с}^{-1}$ ) - диапазон измерений частоты вращения, указанный в паспорте на измеритель (разность между наибольшим и наименьшим значениями диапазона измерений).

**Примечание:**

Рекомендуется при каждом значении задаваемой величины  $F_{\Delta_i}$  проводить считывание показаний выходов проверяемого канала  $F_{I_i}$  и  $F_{A_i}$  не менее трех раз, определять среднее арифметическое показание выхода проверяемого канала и применять его в дальнейших расчетах.

14.10 По результатам измерений при  $i$ -том значении задаваемой с помощью генератора  $\Gamma$  частоты вращения определяют относительную разность по цифровому ( $\delta_{Ii}$ ) и приведенную разность по аналоговому ( $\delta_{Ai}$ ) выходам канала, %:

$$\delta_{Ii} = \frac{|F_{Ii} - F_{\Delta_i}|}{F_{\Delta_i}} \cdot 100\% \quad (63)$$

$$\delta_{Ai} = \frac{|F_{Ai} - F_{\Delta_i}|}{D} \cdot 100\% \quad (64)$$

14.11 За основную относительную погрешность цифрового выхода канала измерений частоты вращения в рабочем диапазоне измерений частоты вращения принимают максимальное значение, вычисленное по формуле (63), %:

$$\delta_I = (\delta_{Ii})_{\max} \quad (65)$$

14.12 За основную приведенную погрешность аналогового выхода канала измерений частоты вращения в рабочем диапазоне измерений частоты вращения принимают максимальное значение, вычисленное по формуле (64), %:

$$\delta_A^N = (\delta_{Ai})_{\max} \quad (66)$$

14.13 Рассчитать границы основной относительной погрешности измерений частоты вращения цифрового выхода канала измерений в диапазоне измерений при доверительной вероятности 0,95  $\delta_I^B$  (%) по формуле:

$$\delta_I^B = \pm 1,1 \cdot \sqrt{(\delta_I)^2 + \delta_{\sigma T}^2} \quad (67)$$

где  $\delta_{\text{Ц}}$  - основная относительная погрешность цифрового выхода канала измерений частоты вращения;  $\delta_{\text{Эт}}$  - доверительная погрешность генератора (1) или частотомера, с помощью которого проводились измерения.

14.14 Рассчитать границы основной приведенной погрешности измерений частоты вращения аналогового выхода канала измерений в диапазоне измерений при доверительной вероятности 0,95  $\delta_A^{NB}$  (%) по формуле:

$$\delta_A^{NB} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{(\delta_A^N)^2 + \delta_{\text{Эт}}^2} \quad (68)$$

где  $\delta_A^N$  - основная приведенная погрешность аналогового выхода канала измерений частоты вращения;  $\delta_{\text{Эт}}$  - доверительная погрешность генератора (1) или частотомера, с помощью которого проводились измерения.

14.15 Цифровой выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной относительной погрешности измерений частоты вращения цифрового выхода в диапазоне измерений при доверительной вероятности 0,95  $\delta_{\text{Ц}}^B$  не превышают предела допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

14.16 Аналоговый выход измерительного канала считается выдержавшим испытание, если полученные значения границ основной приведенной погрешности измерений частоты вращения аналогового выхода в диапазоне измерений при доверительной вероятности 0,95  $\delta_A^{NB}$  не превышают предела допускаемой величины, указанной в паспорте на измеритель.

## 15 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИВЕДЕНОЙ ПОГРЕШНОСТИ СРАБАТЫВАНИЯ СИГНАЛИЗАЦИИ КАНАЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ

15.1 Указанную проверку проводят только при первичной поверке измерителя.

15.2 Указанная проверка выполняется для каждого измеряемого параметра вибрации канала, на который установлена предупредительная и/или аварийная уставка.

15.3 Обеспечить условия, при которых в процессе проверок канала будут невозможны срабатывания сигнализации по другим каналам измерений измерителя.

15.4 Собрать схему проверки погрешности срабатывания сигнализации в соответствии с Рисунок 14.

### Примечания:

1. Проверку проводят путем подачи тестового сигнала от источника сигнала (1) на вход измерительной цепи канала. При технической возможности, рекомендуется подавать тестовый сигнал непосредственно на вход соответствующего измерительного канала контроллера СТД-3168, что упрощает процедуру проверок.

2. В зависимости от типа и состава канала, для подачи тестового сигнала могут потребоваться дополнительные вспомогательные средства (конденсаторы и т.п.) – см. соответствующие пункты настоящей методики поверки.

3. Источником сигнала (1) является источник напряжения постоянного тока (для проверки уставок на параметр «смещение (относительное положение)») либо низкочастотный генератор (для проверки уставок на остальные типы параметров).

15.5 Используя паспорт на измеритель, зафиксировать сконфигурированные для проверяемого параметра вибрации значения предупредительной уставки  $\Pi_B$ , аварийной уставки  $A_B$ , гистерезиса срабатывания уставки  $\Gamma$  (%), задержки срабатывания уставки  $3_{CP}$  (мс) и задержки отпускания уставки  $3_{OTP}$  (мс).

**Примечание:**

Для некоторых параметров (например, для смещения, сдвига) дополнительно могут быть также заданы нижние предупредительная  $P_H$  и аварийная  $A_H$  уставки, что указывается в паспорте на измеритель. Проверке должны быть подвергнуты все заданные уровни уставок.

15.6 Если для проверяемого параметра задана предупредительная уставка, установить при помощи источника сигнала (1) по показаниям в окне программы «Каналы измерений» или «Монитор» индицируемое значение проверяемого параметра, которое больше значения  $P_B$  и меньше значения  $(P_B + P_{\max} \cdot 0,001)$  (или которое меньше  $P_H$  и больше  $(P_H - P_{\max} \cdot 0,001)$  для нижней предупредительной уставки), где  $P_{\max}$  - верхнее значение измерительного диапазона проверяемого параметра. Через время задержки срабатывания уставки  $\tau_{CP}$  должно произойти срабатывание предупредительной сигнализации. При помощи омметра (6) проконтролировать, что контакты реле «Предупреждение» измерителя замкнуты (сопротивление не более 11 Ом), а в окне программы «Каналы измерений» или «Монитор» убедиться, что состояние сигнализатора «Предупреждение» соответствует состоянию реле «Предупреждение». Затем установить при помощи источника сигнала (1) по показаниям в окне программы «Каналы измерений» или «Монитор» индицируемое значение проверяемого параметра, которое меньше  $P_B \cdot (1 - 0,01 \cdot \Gamma)$  и больше  $(P_B \cdot (1 - 0,01 \cdot \Gamma) - P_{\max} \cdot 0,001)$  (или которое больше  $P_H \cdot (1 + 0,01 \cdot \Gamma)$  и меньше  $(P_H \cdot (1 + 0,01 \cdot \Gamma) + P_{\max} \cdot 0,001)$  для нижней предупредительной уставки), где  $P_{\max}$  - верхнее значение измерительного диапазона проверяемого параметра. Через время задержки отпускания уставки  $\tau_{отп}$  должно произойти отключение предупредительной сигнализации. При помощи омметра (6) проконтролировать, что контакты реле «Предупреждение» измерителя разомкнуты (сопротивление не более 11 Ом), а в окне программы «Каналы измерений» или «Монитор» убедиться, что состояние сигнализатора «Предупреждение» соответствует состоянию реле «Предупреждение».

15.7 Если для проверяемого параметра задана аварийная уставка, установить при помощи источника сигнала (1) по показаниям в окне программы «Каналы измерений» или «Монитор» индицируемое значение проверяемого параметра, которое больше  $A_B$  и меньше  $(A_B + P_{\max} \cdot 0,001)$  (или которое меньше  $A_H$  и больше  $(A_H - P_{\max} \cdot 0,001)$  для нижней аварийной уставки), где  $P_{\max}$  - верхнее значение измерительного диапазона проверяемого параметра.

Через время задержки срабатывания уставки  $\tau_{CP}$  должно произойти срабатывание аварийной сигнализации. При помощи омметра (6) проконтролировать, что контакты реле «Авария» измерителя замкнуты, а в окне программы «Каналы измерений» убедиться, что состояние сигнализатора «Авария» соответствует состоянию реле «Авария». Затем установить при помощи источника сигнала (1) по показаниям в окне программы «Каналы измерений» или «Монитор» индицируемое значение проверяемого параметра, которое меньше  $A_B \cdot (1 - 0,01 \cdot \Gamma)$  и больше  $(A_B \cdot (1 - 0,01 \cdot \Gamma) - P_{\max} \cdot 0,001)$  (или которое больше  $A_H \cdot (1 + 0,01 \cdot \Gamma)$  и меньше  $(A_H \cdot (1 + 0,01 \cdot \Gamma) + P_{\max} \cdot 0,001)$  для нижней предупредительной уставки), где  $P_{\max}$  - верхнее значение измерительного диапазона проверяемого параметра. Через время задержки отпускания уставки  $\tau_{отп}$  должно произойти отключение аварийной сигнализации. При помощи омметра (6) проконтролировать, что контакты реле «Авария» измерителя разомкнуты, а в окне программы «Каналы измерений» или «Монитор» убедиться, что состояние сигнализатора «Авария» соответствует состоянию реле «Авария».

15.8 Если результаты проверок по п.п. 15.6 , 15.7 для всех проверяемых параметров являются положительными, то канал измерений считается соответствующим требованиям к погрешности срабатывания сигнализации.

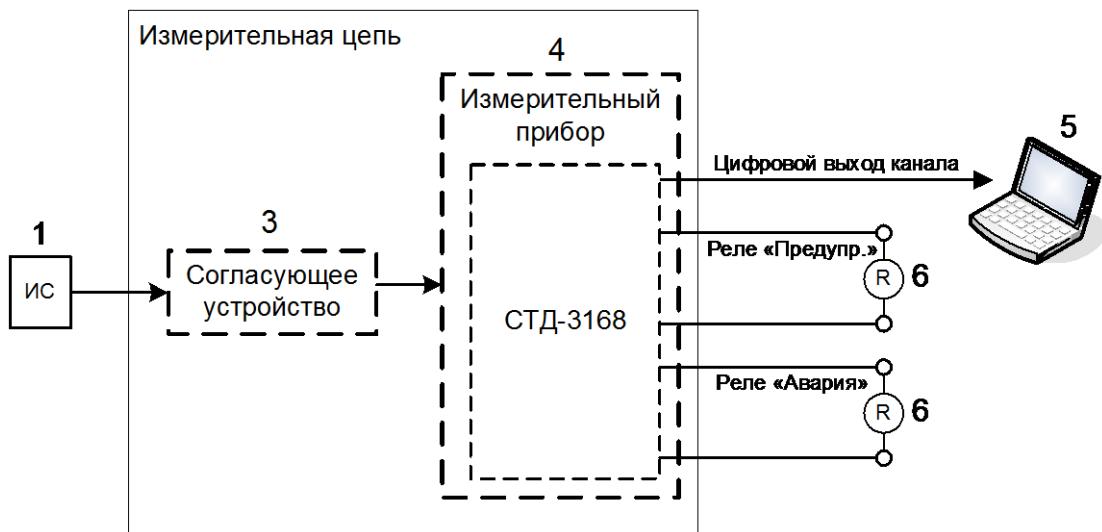


Рисунок 14. Схемы проверки погрешности срабатывания сигнализации канала измерений.

1 – источник тестового сигнала (генератор сигналов низкочастотный или источник постоянного напряжения);  
 3 – устройство согласующее (при наличии); 4 – измерительный прибор проверяемого канала - преобразователь виброизмерительный вторичный СТД-3168, 5 – персональный компьютер (ПК) с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор», 6 – омметр.

## 16 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

16.1 На все измерительные каналы измерителя, которые подвергались процедуре поверки, оформляется Протокол поверки. В Протоколе должны содержаться все данные и измерения, используемые для расчетов задаваемых, вычисляемых и измеряемых величин, а также все результаты проверок измерительных каналов.

16.2 На измерительные каналы измерителя, признанные по результатам поверки годными для применения, оформляется Свидетельство о поверке<sup>14</sup>.

16.3 При проведении первичной поверки при выпуске измерителя из производства допускается выполнять отметку в соответствующем разделе паспорта измерителя, заверенную поверительным клеймом и подписью поверителя согласно ПР 50.2.006-94 «ГСИ. Проверка средств измерений. Организация и порядок проведения». При этом в паспорте на измеритель должны быть указаны действительные значения метрологических параметров каналов, которые были получены в результате поверки и которые указаны в Протоколе поверки.

16.4 Каналы измерений измерителя, не удовлетворяющие требованиям настоящей методики, к эксплуатации не допускаются. Свидетельства о предыдущих поверках этих каналов аннулируются и на эти каналы выдается извещение о непригодности согласно ПР 50.2.006-94.

---

<sup>14</sup> Если не все каналы измерителя признаны годными, то в Свидетельстве о поверке должен быть указан перечень каналов, на которые оно распространяется.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЫ ТЕСТОВОГО ПЕРВИЧНОГО ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

**Внимание!** Необходимо использовать тестовые первичные вихретоковые преобразователи и (при необходимости) удлинители, модели и длины кабелей которых соответствуют моделям и длинам кабелей штатных преобразователей и удлинителей из состава проверяемого канала измерителя.

**Для определения активного сопротивления тестового первичного вихретокового преобразователя необходимо выполнить следующие действия:**

1. Собрать схему, изображенную на Рисунке П1.1.
2. Омметром R измерить активное сопротивление проверяемого первичного вихретокового преобразователя совместно с удлинителем (при наличии).
3. Тестовый первичный вихретоковый преобразователь считается годным к использованию в качестве вспомогательного оборудования, если измеренная величина его активного сопротивления соответствует значению, указанному в паспорте на проверяемый Измеритель.

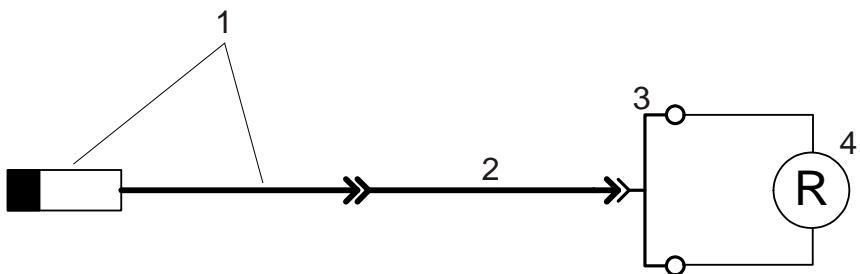


Рисунок П1.1. Схема проверки активного сопротивления тестового первичного вихретокового преобразователя, где:

1 – тестовый первичный вихретоковый преобразователь; 2 – удлинитель (при необходимости); 3 – переходник для удобного подключения измерительных приборов; 4 – омметр

**Для определения резонансной частоты тестового первичного вихревокового преобразователя необходимо выполнить следующие действия:**

1. Собрать схему, изображенную на Рисунке П1.2. Во избежание помех и обеспечения точности измерений испытательная схема собирается на заземленной металлической поверхности.
2. Установить на поверочное устройство (6) типа УПД образец калибровочного материала, на который откалиброван испытуемый измеритель (указывается в паспорте на измеритель).
3. Установить между рабочей поверхностью тестового первичного вихревокового преобразователя (1) и калибровочным материалом на поверочном устройстве (6) начальный зазор  $S$ , указанный в паспорте на измеритель.
4. Определить резонансную частоту тестового первичного вихревокового преобразователя (1) совместно с удлинителем (2) (при наличии), выполнив пункты 12.2.6 - 12.2.8 настоящей методики.
5. Тестовый первичный вихревоковый преобразователь считается годным к использованию в качестве вспомогательного оборудования, если измеренная величина его резонансной частоты соответствует значению, указанному в паспорте на поверяемый канал измерителя или в паспорте на датчик.

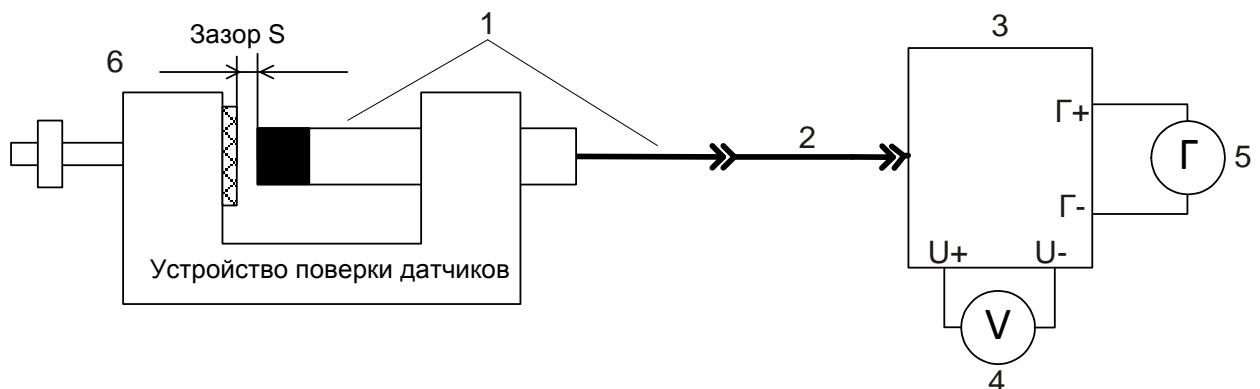


Рисунок П1.2. Схема проверки резонансной частоты тестового первичного вихревокового преобразователя, где:

- 1 – тестовый первичный вихревоковый преобразователь, установленный на устройство поверки датчиков;
- 2 – удлинитель (если он входит в комплект Измерителя); 3 – устройство для проверки вихревоковых датчиков КЕДР.441329.001; 4 – вольтметр постоянного тока; 5 – задающий генератор, 6 – устройство поверки датчиков

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 2. СХЕМА ПРОВЕРКИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ В СТАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ**

### **Примечания:**

1. В дифференциальном режиме измерений для задания относительного перемещения  $\Delta S_i$  надо на устройстве УПД первого канала установить зазор  $S1_i = S_0 + \Delta S_i$ , а на устройства УПД второго канала – зазор  $S2_i = S_0 - \Delta S_i$ ,  
где  $S1_i$  – установленный зазор на устройстве УПД первого канала,  $S2_i$  – установленный зазор на устройстве УПД второго канала,  $S_0$  – начальный зазор, указанный в паспорте на измеритель.
2. Дополнительно необходимо следовать указаниям соответствующих пунктов проверок документа КЕДР.401263.003 МП «Измеритель линейных перемещений двухканальный ИЛП-2. Методика поверки».

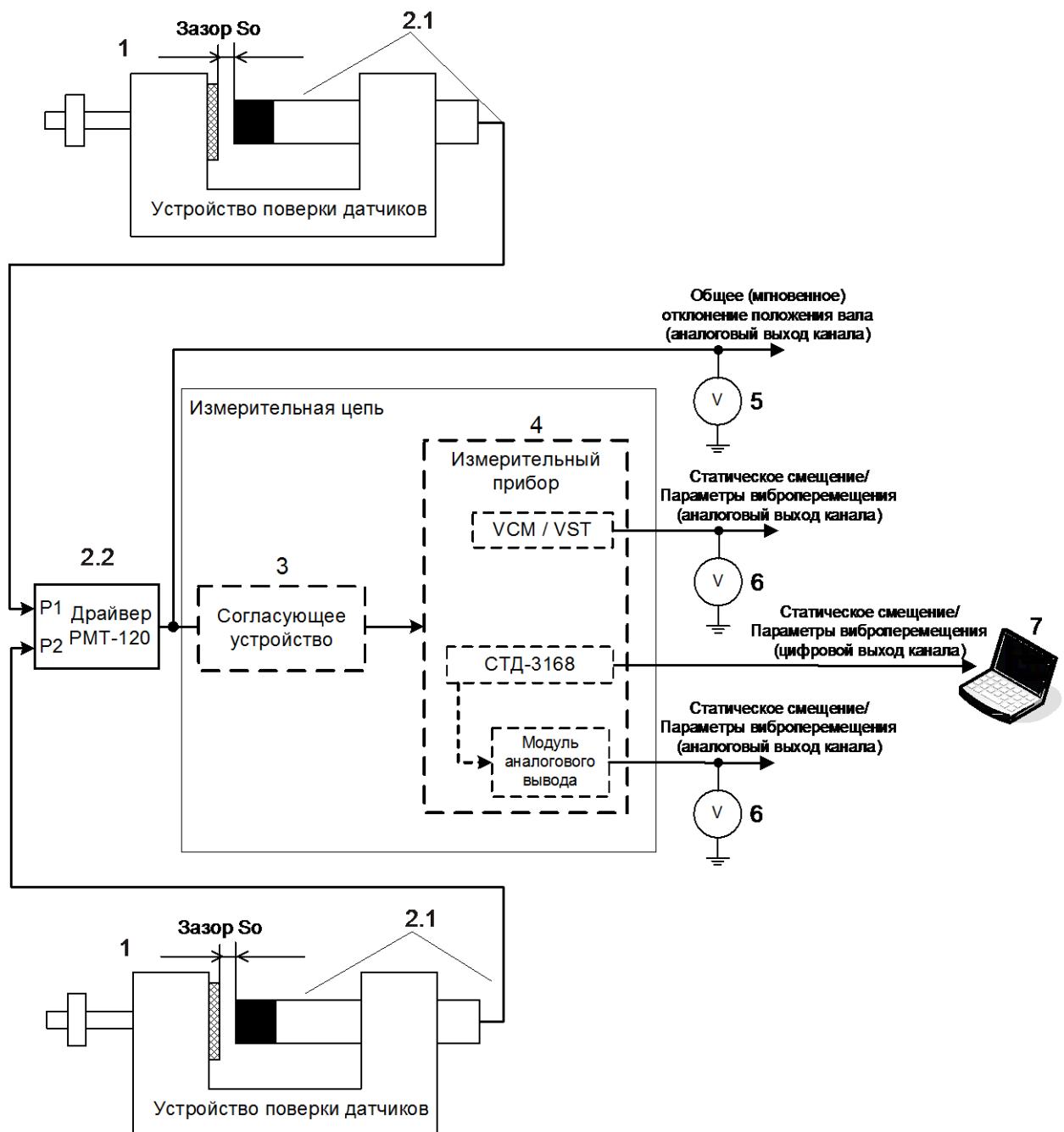


Рисунок П2.1. Схема проверки дифференциального канала измерений относительного перемещения в статическом режиме, где:

1 – устройство поверки датчиков (микрометрическая головка); 2.1 – первичный вихревой преобразователь канала (с удлинителем, если он входит в состав канала); 2.2 – драйвер первичного вихревого преобразователя канала; 3 – согласующее устройство (при необходимости); 4 – измерительный прибор проверяемого канала; 5, 6 – мультиметр; 7 – персональный компьютер (ПК) с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор».

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3. СХЕМА ПРОВЕРКИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НА ДИНАМИЧЕСКОМ ВИБРОСТЕНДЕ

**Примечание:**

Дополнительно необходимо следовать указаниям соответствующих пунктов проверок документа КЕДР.401263.003 МП «Измеритель линейных перемещений двухканальный ИЛП-2. Методика поверки».

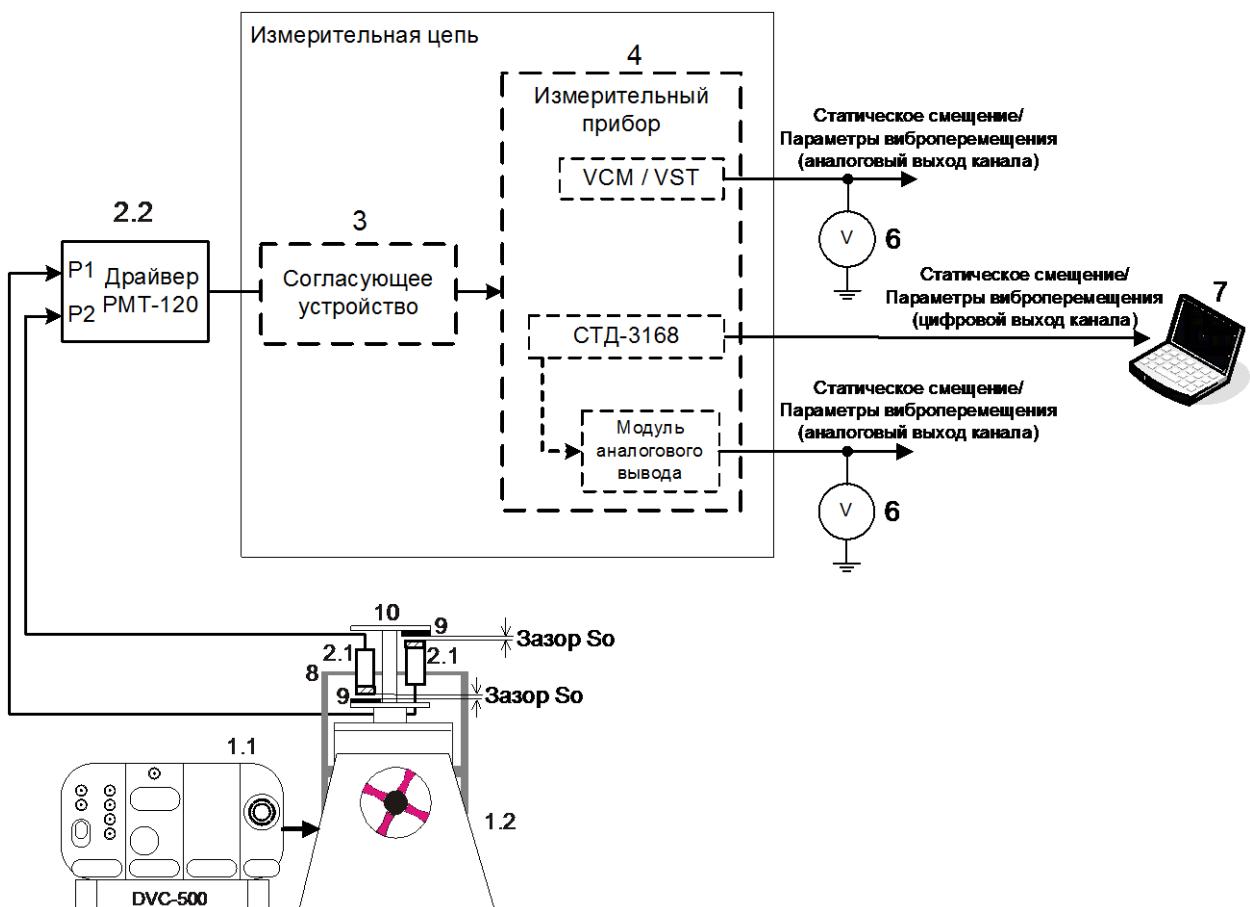


Рисунок П2.1. Схема проверки дифференциального канала измерений относительного перемещения в динамическом режиме, где:

- 1.1 – блок управления виброустановки калибровочной DVC-500; 1.2 – вибростенд виброустановки калибровочной DVC-500; 2.1 – первичные вихревые преобразователи проверяемого канала (с удлинителем, если он входит в состав канала); 2.2 – драйвер PMT-120 в дифференциальном режиме работы;
- 3 – согласующее устройство (при необходимости); 4 – измерительный прибор проверяемого канала;
- 6 – мультиметр (вольтметр/амперметр постоянного тока); 7 – персональный компьютер (ПК) с установленным ПО «Каналы измерений» или «Монитор»; 8 – приспособление для установки вихревых преобразователя на вибростенд; 9 – калибровочные материалы, устанавливаемые на рабочую площадку вибростенда при помощи дополнительного приспособления (10).