

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора по
производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»



Н.В. Иванникова

« 21 » 04 2021 г

Государственная система обеспечения единства измерений

Контроллеры вибрационные многофункциональные полевые многоканальные "WARP"

Методика поверки

ЦВГТ.402158.001МП

Москва 2021 г.

Оглавление

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	3
1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....	4
2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.....	7
3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ.....	8
4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	8
5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ.....	8
6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ.....	8
7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.....	16
8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	33

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящая методика поверки распространяется на контроллеры вибрационные многофункциональные полевые многоканальные "WARP" (далее по тексту – анализатор), предназначенные для непрерывного контроля состояния агрегатов во время их эксплуатации путём измерения и последующего анализа параметров абсолютной и относительной вибрации, смещения узлов и агрегатов, частоты вращения и выпускаемый в соответствии с техническими условиями ЦВГТ.402158.001ТУ, и устанавливает порядок первичной и периодических поверок. Первичная поверка анализатора проводится изготовителем при выпуске из производства или ремонта.

Периодическая поверка анализатора проводится изготовителем или органами Государственной метрологической службы. Межповерочный интервал составляет два года.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемого СИ к Государственному первичному эталону единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела (ГЭТ 58-2018). При проведении поверки в качестве средств поверки должен использоваться эталон по Государственной поверочной схеме для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2018 г. № 2772.

Методика поверки допускает возможность проведения поверки меньшего числа измеряемых величин с обязательным указанием объема выполненной поверки в свидетельстве о поверке

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные Таблица 1.

Таблица 1 Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта инструкции поверки	Проведение операции при:	
		Первичной поверке	Периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1 стр. 16	да	да
2 Опробование	7.2 стр. 16	да	да
3 Идентификация версии МПО анализатора	7.3 стр. 16	да	да
4 Определение метрологических характеристик, 7.4			
4.1 Определение основной погрешности измерения СКЗ и пикового значения виброускорения и виброскорости, размаха виброперемещения абсолютной вибрации первым методом.	7.4.1 , стр. 16	да ¹	да
4.2 Определение основной погрешности измерения СКЗ, пикового значения виброскорости, виброускорения и размаха виброперемещения абсолютной вибрации вторым методом.	7.4.2 , стр. 21	да	да
4.3 Определение основной погрешности измерения СКЗ, пикового значения виброскорости, виброускорения и размаха виброперемещения	7.4.3 , стр. 22	да	да

¹ Есливеряемый параметр имеет несколько методов поверки, конкретный метод выбирается при первичной поверке исходя из потребностей заказчика. Периодическая поверка осуществляется по одному выбранному методу. Выбранный метод должен быть указан в паспорте на измерительный канал.

абсолютной вибрации третьим методом.			
4.4 Определение основной погрешности измерения СКЗ и пикового значения виброскорости и виброускорения абсолютной вибрации четвертым методом.	7.4.4 , стр. 23	да	да
4.5 Определение неравномерности АЧХ абсолютной вибрации первым методом.	7.4.9 , стр. 24	да	нет
4.6 Определение неравномерности АЧХ абсолютной вибрации вторым методом.	7.4.10 , стр. 26	да	нет
4.7 Определение неравномерности АЧХ абсолютной вибрации третьим и четвертым методом.	7.4.7 , стр. 26	да	нет
4.8 Определение основной погрешности измерения размаха и пикового значения виброперемещения относительной вибрации.	7.4.8 , стр. 27	да	да
4.9 Определение неравномерности АЧХ относительной вибрации.	7.4.9 , стр. 29	да	нет
4.10 Определение основной абсолютной погрешности измерения зазора по цифровому выходу и относительной погрешности по токовому выходу и/или выходу по напряжению каналом измерения относительной вибрации.	7.4.10 , стр.29	да	да
4.11 Определение основной абсолютной погрешности измерения по цифровому выходу	7.4.11 , стр.30	да	да

и относительной погрешности по токовому выходу и/или выходу по напряжению осевого сдвига.			
4.12 Определение погрешности измерения по цифровому выходу и относительной погрешности по токовому выходу и/или выходу по напряжению частоты вращения	7.4.12 ,стр.31	да	да

1.2 Все операции поверки проводить поочередно для каждого канала измерения анализатора.

1.3 Допускается проведение поверки меньшего числа измеряемых величин с обязательным указанием в свидетельстве о поверке.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.

2.1 При проведении поверки применяются образцовые средства измерения и вспомогательные средства поверки, указанные в таблице 2. Допускается применение других аналогичных измерительных приборов, обеспечивающих измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

Таблица 2

Наименование образцового средства измерения или вспомогательного средства поверки, номер документа, регламентирующего технические требования
1. Виброустановка 2-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 г. с максимальным СКЗ виброускорения не менее 200 м/с^2 , максимальным размахом виброперемещения не менее $\pm 1 \text{ мм}$, диапазоном рабочих частот, соответствующему диапазону рабочих частот первичного преобразователя в составе контроллера
2. Эталонная емкость 1000 пФ, 330 пФ
3. Измеритель иммитанса (рекомендуемый тип Е7-20, Госреестр СИ №27904-12)
4. Генератор сигналов специальной формы с частотным диапазоном не уже $0,01 \div 10000 \text{ Гц}$, регулируемой амплитудой выходного сигнала $0,1 \div 10 \text{ В}$ (рекомендуемый тип –АКИП-3410-2, Госреестр СИ №53449-13)
5. Мультиметр постоянного тока/напряжения с пределом измерения $50 \text{ мА}/50 \text{ В}$, с погрешностью не более 0,1% (рекомендуемый тип – 34401А, производитель – Agilent Technologies, Госреестр СИ №54848-13)
6. Устройство для калибровки преобразователей перемещения токовихревых (рекомендуемый тип - ТК3е, производитель – Bently Nevada Inc. Госреестр СИ №59302-14)
7. Устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме от 0 до 10 мм, с точностью установки зазора не хуже 0,01мм (рекомендуемый тип УПД производства ЗАО «Виброприбор» Госреестр СИ №41293-09)
8. Эталонная пластина круглой формы диаметром 28 мм и толщиной не менее 3 мм из материала, из которого изготовлен вал контролируемого агрегата
9. Магазин сопротивлений. Диапазон изменения сопротивления от 0,1 до 111111,1 Ом; класс точности 0,02 (рекомендуемый тип - Р4834-М1, производитель ЗАО «ПрофКИП», Госреестр СИ №52064-12)

Наименование образцового средства измерения или вспомогательного средства поверки, номер документа, регламентирующего технические требования

10. Калибратор электрических сигналов постоянного тока, напряжения, термопар и преобразователей термосопротивления с точностью установки не хуже 0,1% (рекомендуемый тип - CA 71, фирма "Yokogawa Meters & Instruments Corporation", Госреестр СИ №53468-13)

11. Калибратор сигналов переменного и постоянного тока/напряжения универсальный. Диапазон воспроизведения напряжений не уже - 20...+20 В, токов - -20...+20 мА с точностью не менее 0,1%. Частотный диапазон по напряжению не уже 0,2..60000 Гц, по току – не уже 0,2..5000 Гц (рекомендуемый тип - Н4-11/1, производитель ЗАО «НПК «Мера» Госреестр СИ №66597-17)

12. Приспособление для эмуляции виброперемещения на токовихревых датчиках СП-50. Производитель – ООО «НПП Вибробит».

Примечания:

1 Все приборы и оборудование должны иметь действующее свидетельство о поверке или отметку о прохождении периодической поверки.

2 Все приборы и оборудование должны иметь эксплуатационную документацию в достаточном объёме.

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ.

3.1 К проведению поверки допускаются лица, ознакомленные с руководством по эксплуатации анализатора ЦВГТ.402158.001РЭ.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.

4.1 **ВНИМАНИЕ!** В электрооборудовании и приборах, используемых при проведении поверки, присутствует опасное для жизни напряжение 220В. Все приборы должны быть надёжно заземлены. Все подключения и отключения допускается проводить только при выключенном электропитании.

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ.

5.1 Поверка должна проводиться в нормальных условиях по ГОСТ 8.395-80: температура окружающей среды плюс $20 \pm 5^\circ\text{C}$, атмосферное давление 101.3 кПа, относительная влажность воздуха $65 \pm 10\%$.

5.2 Помещение, в котором проводится поверка, должно быть защищено от воздействия внешней вибрации, электрических и магнитных полей.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ.

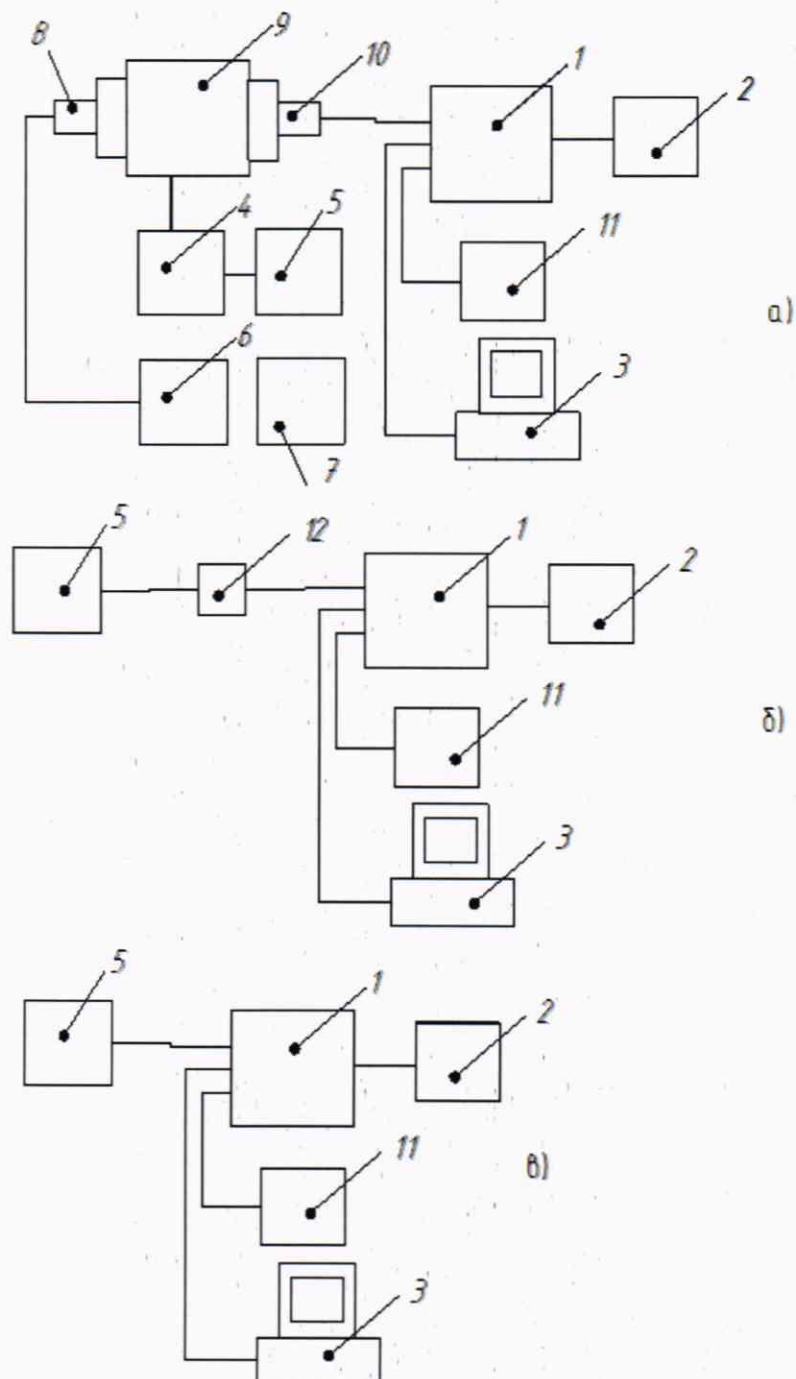
6.1 Перед началом поверки все средства поверки должны быть выдержаны во включенном состоянии (прогреты) в течение

времени, указанного в их эксплуатационной документации.

6.2 При подготовке к поверке основной погрешности измерения СКЗ и пикового значения виброскорости, размаха виброперемещения и неравномерности АЧХ измерения СКЗ виброскорости *первым методом*² выполнить следующие действия (см. Рисунок 1.а):

- 6.2.1 жестко закрепить вибропреобразователь 8 эталонного канала на электродинамическом вибровозбудителе 9;
- 6.2.2 произвести все остальные требуемые электрические соединения ОСИПВ (позиции 6,7);
- 6.2.3 жестко закрепить вибропреобразователь 10 поверяемого канала на электродинамическом вибровозбудителе 9;
- 6.2.4 подключить вибропреобразователь 10 поверяемого канала и мультиметр 11 к соответствующим клеммам контроллера 1;
- 6.2.5 соединить анализатор 1 с компьютером 3 по интерфейсу USB;
- 6.2.6 подключить анализатор 1 к источнику питания 2;
- 6.2.7 установить выходное напряжение источника питания 2 равным $24 \pm 0,1\text{В}$;
- 6.2.8 включить питание анализатор 1 и выдержать анализатор во включенном состоянии в течение не менее 10 минут.

2 Применяется в случае «сквозной» поверки канала



1. Анализатор Warp
2. Источник питания
3. Персональный компьютер
4. Усилитель мощности
5. Генератор
6. Усилитель заряда эталонного канала
7. Цифровой мультиметр
8. Вибропреобразователь эталонного канала
9. Электродинамический вибровозбудитель
10. Вибропреобразователь поверяемого канала
11. Мультиметр
12. Эквивалентная емкость

Рисунок 1: Структурная схема стенда для поверки канала измерения параметров абсолютной вибрации: а) первым и вторым, б) третьим, в) четвертым методом.

6.3 При подготовке к поверке основной погрешности измерения СКЗ и пикового значения виброскорости, размаха виброперемещения и неравномерности АЧХ измерения СКЗ виброскорости *вторым методом*³ выполнить следующие действия (см. Рисунок 1.а):

6.3.1 Повторить все действия, предусмотренные п. 6.2, за исключением того, что в качестве вибропреобразователя 10 использовать эталонный вибропреобразователь по заряду или стандарта ICP в зависимости от типа входного модуля поверяемого канала.

6.4 При подготовке к поверке основной погрешности измерения СКЗ и пикового значения виброскорости, размаха виброперемещения и неравномерности АЧХ измерения СКЗ виброскорости *третьим методом*⁴ выполнить следующие действия (см. Рисунок 1.б):

6.4.1 Перед подключением измерить точное значение эквивалентной емкости с помощью измерителя иммитанса и записать его для будущих вычислений.

6.4.2 Подключить вход поверяемого канала анализатора 1 с зарядовым входом к генератору сигналов 5 переменного напряжения через эквивалентную емкость 12. Эквивалентная емкость должна быть включена последовательно с сигнальным входом положительной полярности сиг+;

6.4.3 Соединить общий провод генератора 5 с общим проводом поверяемого канала анализатора 1;

6.4.4 Сигнальный вход канала анализатора 1 отрицательной полярности (сиг-) соединить с общим проводом поверяемого канала анализатора 1 гибкой перемычкой;

6.4.5 соединить анализатор 1 с компьютером 3 по интерфейсу USB;

6.4.6 подключить анализатор 1 к источнику питания 2;

6.4.7 установить выходное напряжение источника питания 2 равным $24 \pm 0,1$ В;

6.4.8 включить питание анализатора 1 и выдержать анализатор во включенном состоянии в течение не менее 10 минут.

6.4.9 Убедиться в отсутствии наводки по показаниям канала при выключенном генераторе. Они не должны превышать 0,1 мм/сек по виброскорости. В противном случае нужно убедиться в качестве соединений, обеспечить надежное экранирование эквивалентной емкости и использовать провода с двойным экранированием.

6.5 При подготовке к поверке основной погрешности измерения

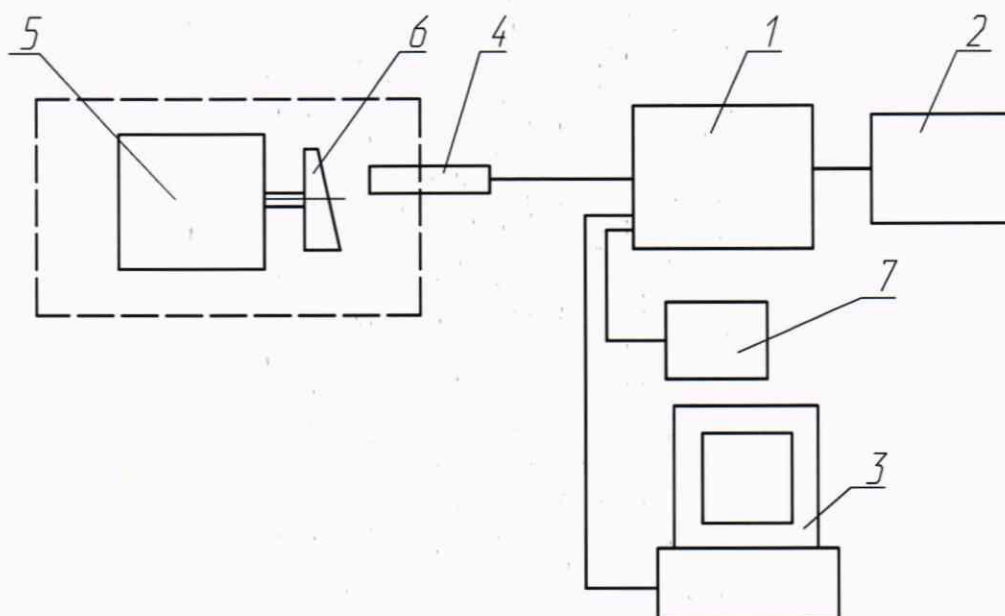
3 Применяется в случае, когда планируется использовать канал для подключения датчика стороннего производителя. Если датчик преобразует ускорение в заряд, то используется submodule — усилитель заряда. Если датчик преобразует ускорение в напряжение, то используется submodule — усилитель напряжения.

4 Применяется в случае, когда планируется использовать канал для подключения датчика стороннего производителя. Применяется только для датчиков с выходом по заряду.

СКЗ и пикового значения виброускорения и виброскорости, размаха виброперемещения и неравномерности АЧХ измерения СКЗ виброскорости *четвертым методом*⁵ выполнить следующие действия (см. Рисунок 1.в):

- 6.5.1 Подключить сигнальный вход положительной полярности сиг+ поверяемого канала анализатора 1 с входом по стандарту ICP к генератору сигналов 5 переменного напряжения;
 - 6.5.2 Соединить общий провод генератора 5 с общим проводом поверяемого канала контроллера 1;
 - 6.5.3 соединить анализатор 1 с компьютером 3 по интерфейсу USB;
 - 6.5.4 подключить анализатор 1 к источнику питания 2;
 - 6.5.5 установить выходное напряжение источника питания 2 равным $24 \pm 0,1\text{В}$;
 - 6.5.6 включить питание контроллера 1 и выдержать анализатор во включенном состоянии в течение не менее 10 минут.
- 6.6 При подготовке к поверке погрешности измерений размаха, пикового значения и неравномерности АЧХ относительного виброперемещения выполнить следующие действия (См. Рисунок 2):
- 6.6.1 закрепить на оси устройства для калибровки 5 диск 6;
 - 6.6.2 установить датчик 4 на кронштейн устройства для калибровки 5 таким образом, чтобы расстояние между торцом датчика и поверхностью диска было равно установочному зазору датчика;
 - 6.6.3 подключить датчик 4 и мультиметр 7 к соответствующим клеммам анализатора 1;
 - 6.6.4 соединить анализатор 1 с компьютером 3 по интерфейсу USB;
 - 6.6.5 подключить анализатор 1 к источнику питания 2;
 - 6.6.6 установить выходное напряжение источника питания 2 равным $24 \pm 0,1\text{В}$;
 - 6.6.7 включить питание анализатора 1 и выдержать анализатор во включенном состоянии в течение не менее 10 минут.

⁵ Применяется в случае, когда планируется использовать канал для подключения датчика стороннего производителя. Применяется только для датчиков с выходом по напряжению.



1. анализатор WARP;
2. источник питания;
3. персональный компьютер;
4. датчик поверяемого канала;
5. устройство для калибровки преобразователей перемещения ТКЗе;
6. стальной диск из материала, однотипного исследуемым механизмам (входит в состав ТКЗ);
7. мультиметр.

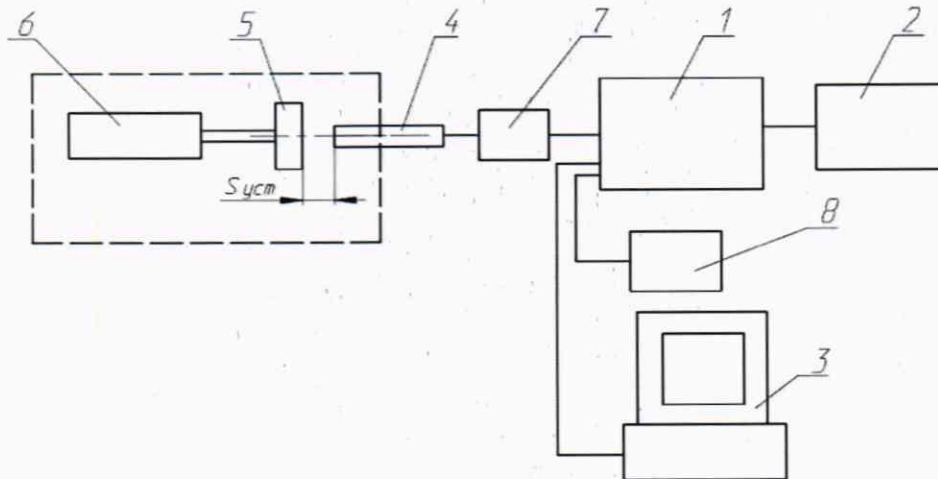
Рисунок 2: Структурная схема стенда для поверки канала измерения относительной вибрации.

6.7 При подготовке к поверке канала измерения осевого сдвига выполнить следующие действия (См. Рисунок 3):

- 6.7.1 жестко закрепить эталонную пластину 5 на подвижном элементе поверочного стенда 6;
- 6.7.2 жестко закрепить датчик 4 на неподвижной части поверочного стенда так, чтобы расстояние между торцом датчика 4 и эталонной пластиной 5 было равным установочному зазору датчика;
- 6.7.3 подключить датчик 4 к соответствующим клеммам анализатора 1 или к вторичному измерительному преобразователю 7, если он входит в состав поверяемого канала;
- 6.7.4 подключить вторичный измерительный преобразователь 7, если он входит в состав поверяемого канала, к соответствующим клеммам анализатора 1;
- 6.7.5 подключить мультиметр 8 к соответствующим клеммам анализатора 1;
- 6.7.6 соединить анализатор 1 с компьютером 3 по интерфейсу USB;
- 6.7.7 подключить анализатор 1 к источнику питания 2;

6.7.8 установить выходное напряжение источника питания 2 равным $24 \pm 0,1\text{В}$;

6.7.9 включить питание анализатора и выдержать анализатор во включенном состоянии в течение не менее 10 минут.

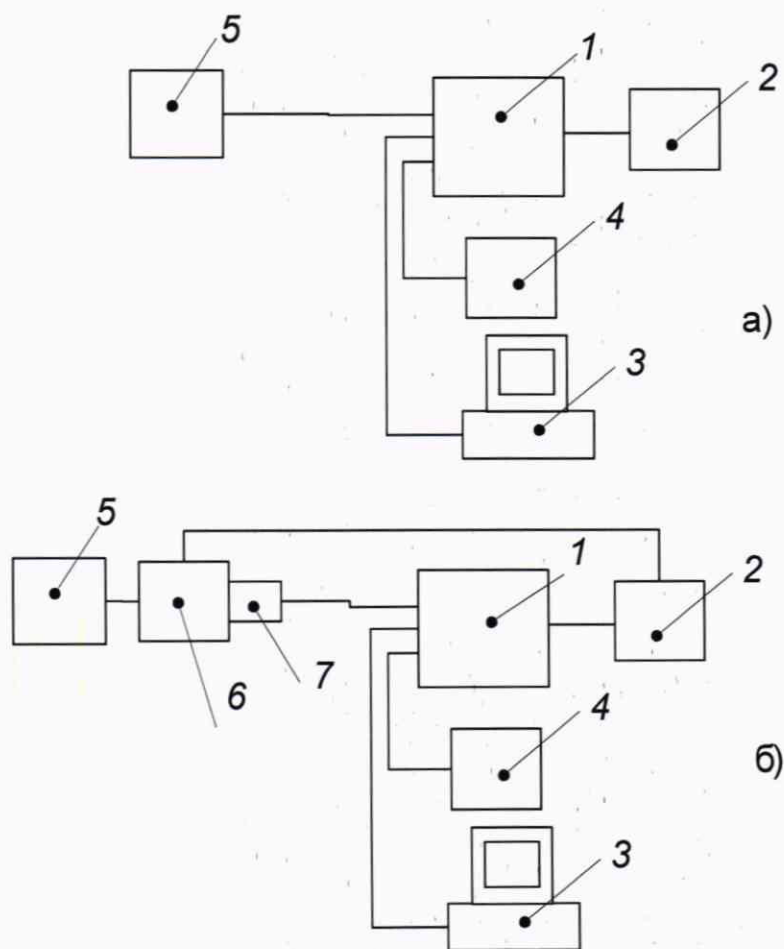


1. Анализатор Warp;
2. источник питания;
3. персональный компьютер;
4. датчик поверяемого канала;
5. пластина из эталонного материала;
6. приспособление СП10.
7. вторичный измерительный преобразователь (если входит в состав канала);
8. мультиметр.

Рисунок 3 Структурная схема стенда для поверки канала осевого сдвига.

6.8 При подготовке к поверке канала измерения частоты вращения выполнить следующие действия (См. Рисунок 4):

- 6.8.1 подключить генератор сигналов прямоугольной формы 5 к соответствующим входным клеммам анализатора 1, если используется датчик с дискретным выходом (см. Рисунок 4.а);
- 6.8.2 подключить к генератору приспособление СП-50. Закрепить в приспособлении токовихревой датчик. Подключить датчик к соответствующим входным клеммам анализатора 1. (см. Рисунок 4.б)
- 6.8.3 подключить мультиметр 4 к соответствующим клеммам контроллера 1;
- 6.8.4 соединить анализатор 1 с компьютером 3 по интерфейсу USB;
- 6.8.5 подключить анализатор 1 к источнику питания 2;
- 6.8.6 установить выходное напряжение источника питания 2 равным $24 \pm 0,1\text{В}$;
- 6.8.7 включить питание анализатора и выдержать анализатор во включенном состоянии в течение не менее 10 минут.



1. Анализатор Wap;
2. источник питания;
3. персональный компьютер;
4. мультиметр;
5. генератор сигналов прямоугольной формы
6. приспособление СП-50;
7. датчик токовихревой.

Рисунок 4 Схема поверки канала измерения частоты вращения а) тахометр с дискретным входом; б) тахометр с токовихревым датчиком.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ.

7.1 Внешний осмотр.

7.1.1 При внешнем осмотре устанавливается соответствие анализатора следующим требованиям:

- отсутствие видимых нарушений покрытий;
- наличие и качество надписей;
- соответствие комплектности анализатора, указанной в паспорте;
- соответствие номера анализатора указанному в паспорте.

7.2 Опробование

7.2.1 Опробование анализатора производится путем подачи на него напряжения питания +24В постоянного тока. Правильно смонтированный и подключенный анализатор начинает работать немедленно после включения.

7.2.2 После включения анализатор переходит в режим самопроверки. При этом на индикации контроллера (при ее наличии) последовательно отображается:

- номер версии МПО индикатора на алфавитно-цифровом дисплее;
- все индикаторы на алфавитно-цифровом дисплее, светополоса – красным цветом, индикатора «Автомат» – красным цветом, индикатор «Ручной» – зеленым цветом;
- дата версии МПО анализатора на алфавитно-цифровом дисплее, светополоса – зеленым цветом.

7.2.3 Длительность режима самопроверки составляет приблизительно 10 с. После этого анализатор переходит в автоматический режим отображения параметров и готов к считыванию показаний.

Если какой-либо из индикаторов в режиме самопроверки не светится, это свидетельствует о выходе его из строя и необходимости ремонта.

7.3 Идентификация версии МПО анализатора.

7.3.1 Включите анализатор. После включения анализатор перейдет в режим самопроверки. Если в состав анализатора входит индикация, то на ней последовательно отобразится:

- тестовый паттерн для определения неисправных сегментов индикации;
- версия МПО модуля индикации (VER+ 01);
- дата релиза основного модуля МПО. Убедитесь, что версия соответствует указанной в паспорте анализатора

7.3.2 Если анализатор не имеет индикации, для определения версии МПО воспользуйтесь ПО «WARPCnf» как описано в п.3.1.5 Руководства пользователя ЦВГТ 402158.001РП

7.4 Определение метрологических характеристик.

7.4.1 Определение основной погрешности измерения СКЗ и пикового значения виброускорения и виброскорости, размаха виброперемещения абсолютной вибрации первым методом.

7.4.1.1 Перевести ОСИПВ в режим измерения СКЗ виброскорости.

7.4.1.2 Включить вибростенд и подать с генератора на вибростенд сигнал синусоидальной формы частотой 80 Гц (калибровочная частота в соответствии с

ГОСТ ИСО 2954-2014⁶), амплитуда сигнала должна быть минимальной во избежание повреждения вибростенда. Допускается, по согласованию с заказчиком для проверки использовать иные частоты, указанные в паспорте на канал как рабочие частоты агрегата и находящиеся в полосе пропускания канала, в поддиапазоне частот, где нелинейность АЧХ составляет не более 5%

7.4.1.3 Ориентируясь по показаниям ОСИПВ, увеличивать амплитуду сигнала генератора таким образом, чтобы последовательно устанавливать эталонное значение СКЗ виброскорости, виброускорения или размах виброперемещения (набор поверяемых параметров определяется конфигурацией канала конкретного поверяемого экземпляра анализатора) равным значениям в пределах диапазона измерения (включая граничные точки) с шагом 10% от максимального значения диапазона измерения $v_{e_{max}}$,

$a_{e_{max}}$, $S_{pp_{max}}$. Допускается использование произвольного набора точек в пределах диапазона измерения при условии, что: кол-во точек не менее 10, шаг между точками растет с увеличением измеряемого значения, а поддиапазон измерения, для которого указана абсолютная погрешность, представлен минимум 3-мя точками, две из которых – минимум и максимум поддиапазона.

Примечание - При контроле устанавливаемого СКЗ виброскорости следует руководствоваться документацией на ОСИПВ и при необходимости использовать дополнительное контрольно-измерительное оборудование.

7.4.1.4 При каждом заданном СКЗ следует определить СКЗ и пиковое значение виброскорости и/или (при необходимости) виброускорения, размах виброперемещения, измеренные поверяемым каналом (считать результаты измерения по интерфейсу USB)

$v_{e_{изм}}^d$, $v_{p_{изм}}^d$, $a_{e_{изм}}^d$, $a_{p_{изм}}^d$, $S_{pp_{изм}}^d$, измерить ток на токовом выходе $I_{изм}$ или напряжение на выходе по напряжению $U_{изм}$ (если соответствующий аналоговый выход сконфигурирован на выдачу параметра). Допускается проводить проверку только по параметру (параметрам), использующимся в данной конкретной конфигурации анализатора для виброзащиты, вибромониторинга или вибродиагностики.

7.4.1.5 Рассчитать эталонное пиковое значение виброскорости/виброускорения по формулам:

$$v_{p_0} = \sqrt{2} * v_{e_0}; \quad a_{p_0} = \sqrt{2} * a_{e_0}; \quad s_{pp_0} = 2 * \sqrt{2} * s_{e_0}$$

где

v_{p_0} – эталонное пиковое значение виброскорости, мм/с;

v_{e_0} – эталонное значение СКЗ виброскорости, мм/с;

a_{p_0} – эталонное пиковое значение виброускорения, м/с²;

a_{e_0} – эталонное значение СКЗ виброускорения, м/с²;

s_{pp_0} – эталонное значение размаха виброперемещения, мкм;

s_{e_0} – эталонное значение СКЗ виброперемещения, мкм.

7.4.1.6 Если используется токовый выход, пересчитать значение силы тока на токовом выходе в СКЗ виброскорости $v_{e_{изм}}^i$, виброускорения $a_{e_{изм}}^i$ или размах перемещения

⁶ В указанном ГОСТ калибровочной принята частота 79,4. Мы же принимаем частоту 80 Гц, являющуюся номинальным значением, соответствующим точной частоте 79,4 по ГОСТ Р 8.714-2010

$S_{PP_{изм}}^i$ по одной из следующих формул в зависимости от того, какой параметр выводится на токовый выход:

$$v_{e_{изм}}^i = v_{e_{max}} * \frac{I_{изм} - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}; a_{e_{изм}}^i = a_{e_{max}} * \frac{I_{изм} - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}; S_{PP_{изм}}^i = S_{PP_{max}} * \frac{I_{изм} - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

где

$v_{e_{изм}}^i$ – СКЗ виброскорости, соответствующее значению тока на токовом выходе поверяемого канала, мм/с;

$a_{e_{изм}}^i$ – СКЗ виброускорения, соответствующее значению тока на токовом выходе поверяемого канала, м/с²;

$S_{PP_{изм}}^i$ – размах виброперемещения, соответствующий значению тока на токовом выходе поверяемого канала, мкм;

$I_{изм}$ – значение силы тока на токовом выходе, мА;

I_{min} – нижний предел изменения силы тока, мА;

I_{max} – верхний предел изменения силы тока, мА;

$v_{e_{max}}$, $a_{e_{max}}$, $S_{PP_{max}}$ – верхняя граница диапазона измерения СКЗ виброскорости в мм/с, виброускорения в м/с², размаха виброперемещения мкм;

7.4.1.7 Если используется выход по напряжению, пересчитать значение напряжения на выходе по напряжению в СКЗ виброскорости $v_{e_{изм}}^u$, виброускорения $a_{e_{изм}}^u$ или размаха виброперемещения $S_{PP_{изм}}^u$ по одной из следующих формул в зависимости от того, какой параметр выводится на токовый выход:

$$v_{e_{изм}}^u = v_{e_{max}} * \frac{U_{изм} - U_{min}}{U_{max} - U_{min}}; a_{e_{изм}}^u = a_{e_{max}} * \frac{U_{изм} - U_{min}}{U_{max} - U_{min}}; S_{PP_{изм}}^u = S_{PP_{max}} * \frac{U_{изм} - U_{min}}{U_{max} - U_{min}}$$

где $v_{e_{изм}}^u$ – СКЗ виброскорости, соответствующее значению тока на токовом выходе поверяемого канала, мм/с;

$a_{e_{изм}}^u$ – СКЗ виброскорости, соответствующее значению тока на токовом выходе поверяемого канала, м/с²;

$S_{PP_{изм}}^u$ – размах виброперемещения, соответствующий значению тока на токовом выходе поверяемого канала мкм;

$U_{изм}$ – значение напряжения на выходе по напряжению, В;

U_{min} – нижний предел изменения напряжения, В;

U_{max} – верхний предел изменения напряжения, В;

$v_{e_{max}}$, $a_{e_{max}}$, $S_{PP_{max}}$ – верхняя граница диапазона измерения СКЗ виброскорости в мм/с, виброускорения м/с², виброперемещения в мкм;

7.4.1.8 В случае, если на токовый выход либо выход по напряжению выводятся

пиковое значение виброскорости либо виброускорения, произвести расчет согласно п.п.

7.4.1.6 - 7.4.1.7, заменив $a_{e_{изм}}^u$ и $a_{e_{изм}}^i$ на $a_{P_{изм}}^i$ или $a_{P_{изм}}^u$, а $v_{e_{изм}}^u$ и $v_{e_{изм}}^i$ - на $v_{P_{изм}}^i$ или $v_{P_{изм}}^u$.

7.4.1.9 Рассчитать относительную погрешность каждого измерения СКЗ виброскорости и, при необходимости, виброускорения и размаха виброперемещения, по цифровому выходу и токовому выходу или выходу по напряжению в диапазоне от 2 мм/с по формулам:

$$\delta_c^d = \frac{|v_{e_{изм}}^d - v_{e_0}|}{v_{e_0}} * 100, \quad \delta_c^i(\delta_c^u) = \frac{|v_{e_{изм}}^i - v_{e_0}|}{v_{e_0}} * 100$$

$$\delta_y^d = \frac{|a_{e_{изм}}^d - a_{e_0}|}{a_{e_0}} * 100, \quad \delta_y^i(\delta_y^u) = \frac{|a_{e_{изм}}^i - a_{e_0}|}{a_{e_0}} * 100$$

$$\delta_n^d = \frac{|S_{PP_{изм}}^d - S_{PP_0}|}{S_{PP_0}} * 100, \quad \delta_n^i(\delta_n^u) = \frac{|S_{PP_{изм}}^i - S_{PP_0}|}{S_{PP_0}} * 100$$

где $\delta_c^u, \delta_c^i, \delta_c^d$ – относительные погрешности (%) измерения СКЗ виброскорости по выходу по напряжению, токовому выходу и цифровому выходу соответственно;

$\delta_y^u, \delta_y^i, \delta_y^d$ – относительные погрешности (%) измерения СКЗ виброускорения по выходу по напряжению, токовому выходу и цифровому выходу соответственно;

$\delta_n^u, \delta_n^i, \delta_n^d$ – относительные погрешности (%) измерения размаха виброперемещения по выходу по напряжению, токовому выходу и цифровому выходу соответственно;

$v_{e_{изм}}^d, a_{e_{изм}}^d, S_{PP_{изм}}^d$ – СКЗ виброскорости (мм/с), виброускорения (m/c^2) и размаха виброперемещения (мкм), измеренное поверяемым каналом, по цифровому выходу

$v_{e_{изм}}^a (v_{e_{изм}}^i \text{ или } v_{e_{изм}}^u)$ - СКЗ виброскорости (мм/с), измеренное поверяемым каналом, по токовому выходу или выходу по напряжению соответственно;

$a_{e_{изм}}^a (a_{e_{изм}}^i \text{ или } a_{e_{изм}}^u)$ - СКЗ виброускорения (m/c^2), измеренное поверяемым каналом, по токовому выходу или выходу по напряжению соответственно;

$S_{PP_{изм}}^a (S_{PP_{изм}}^i \text{ или } S_{PP_{изм}}^u)$ - размах виброперемещения (мкм), измеренный поверяемым каналом, по токовому выходу или выходу по напряжению соответственно;

$v_{e_0}, a_{e_0}, S_{PP_0}$ – эталонное значение СКЗ виброскорости (мм/с), виброускорения (m/c^2) и размаха виброперемещения (мкм) соответственно.

7.4.1.10 Рассчитать относительную погрешность каждого измерения пикового значения виброскорости и, при необходимости, виброускорения по цифровому выходу и токовому выходу в диапазоне от 2 мм/с по формулам:

$$\delta_{c_пик}^d = \frac{|v_{p_{изм}}^d - v_{p_0}|}{v_{p_0}} * 100, \quad \delta_{c_пик}^i (\delta_{c_пик}^u) = \frac{|v_{p_{изм}}^i - v_{p_0}|}{v_{p_0}} * 100$$

$$\delta_{y_пик}^d = \frac{|a_{p_{изм}}^d - a_{p_0}|}{a_{p_0}} * 100, \quad \delta_{y_пик}^i (\delta_{y_пик}^u) = \frac{|a_{p_{изм}}^i - a_{p_0}|}{a_{p_0}} * 100$$

где $\delta_{c_пик}^u, \delta_{c_пик}^i, \delta_{c_пик}^d$ – относительные погрешности измерения пикового значения виброскорости по выходу по напряжению, токовому выходу и цифровому выходу соответственно, %;

где $\delta_{y_пик}^u, \delta_{y_пик}^i, \delta_{y_пик}^d$ – относительные погрешности измерения пикового значения виброускорения по выходу по напряжению, токовому выходу и цифровому выходу соответственно, %;

v_{p_0}, a_{p_0} – эталонное пиковое значение виброскорости (мм/с) и виброускорения (м/с²);

$v_{p_{изм}}^d, v_{p_{изм}}^a$ – пиковое значение виброскорости, измеренное поверяемым каналом, по цифровому выходу и аналоговому выходу (токовому $v_{p_{изм}}^i$ или по напряжению $v_{p_{изм}}^u$) соответственно, мм/с;

$a_{p_{изм}}^d, a_{p_{изм}}^a$ – пиковое значение виброускорения, измеренное поверяемым каналом, по цифровому выходу и аналоговому выходу (токовому $a_{p_{изм}}^i$ или по напряжению $a_{p_{изм}}^u$) соответственно, м/с².

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении относительная погрешность по любому измеряемому параметру по цифровому выходу не превышает 2%, по аналоговому (ток, напряжение)-3%.

7.4.1.11 Рассчитать абсолютную погрешность каждого измерения СКЗ виброскорости и, при необходимости, СКЗ виброускорения и размаху виброперемещения, по цифровому выходу в диапазоне по СКЗ виброскорости от 0,1 до 2 мм/с, по СКЗ виброускорения от 0,05 до 0,5 м/с², по размаху перемещения от 3 до 60 мкм по формуле:

$$\Delta_c^d = v_{e_{изм}}^d - v_{e_0},$$

$$\Delta_y^d = a_{e_{изм}}^d - a_{e_0},$$

$$\Delta_n^d = S_{pp_{изм}}^d - S_{pp_0},$$

где Δ_c^d – абсолютная погрешность измерения СКЗ виброскорости по цифровому выходу, мм/с;

Δ_y^d – абсолютная погрешность измерения СКЗ виброускорения по цифровому выходу, м/с²;

Δ_n^d – абсолютная погрешность измерения размаха виброперемещения по цифровому выходу, мкм;

$v_{e_{изм}}^d$ – СКЗ виброскорости, измеренное поверяемым каналом, по цифровому выходу, мм/с;

$a_{e_{изм}}^d$ – СКЗ виброускорения, измеренное поверяемым каналом, по цифровому выходу, м/с²;

$S_{pp_{изм}}^d$ – Размах виброперемещения, измеренный поверяемым каналом, по цифровому выходу, мкм;

v_{e_0} , a_{e_0} , S_{pp_0} эталонное значение СКЗ виброскорости, мм/с; виброускорения, м/с²; размаха виброперемещения мкм;

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении абсолютная погрешность СКЗ виброскорости не превышает $\pm 0,1$ мм/с, СКЗ виброускорения - не превышает $\pm 0,02$ м/с², размаха виброперемещения - не превышает ± 3 мкм.

7.4.1.12 Рассчитать абсолютную погрешность каждого измерения пикового значения виброскорости и, при необходимости виброускорения, по цифровому выходу в диапазоне от 0,1 до 2 мм/с по виброскорости и 0,05 до 0,5 м/с² по формулам:

$$\Delta_{c_пик}^d = v_{p_{изм}}^d - v_{p_0}$$

$$\Delta_{y_пик}^d = a_{p_{изм}}^d - a_{p_0}$$

где $\Delta_{c_пик}^d$ – абсолютная погрешность измерения пикового значения виброскорости по цифровому выходу, мм/с;

$\Delta_{y_пик}^d$ – абсолютная погрешность измерения пикового значения виброускорения по цифровому выходу, м/с²;

v_{p_0} – эталонное пиковое значение виброскорости, мм/с;

a_{p_0} – эталонное пиковое значение виброускорения, м/с²;

$v_{p_{изм}}^d$ – пиковое значение виброскорости, измеренное поверяемым каналом, по цифровому выходу, мм/с;

$a_{p_{изм}}^d$ – пиковое значение виброускорения, измеренное поверяемым каналом, по цифровому выходу, м/с².

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении абсолютная погрешность пикового значения виброскорости не превышает $\pm 0,1$ мм/с, виброускорения – не превышает $\pm 0,02$ м/с².

7.4.2 Определение основной погрешности измерения СКЗ, пикового значения виброскорости, виброускорения и размаха виброперемещения абсолютной вибрации вторым методом.

7.4.2.1 Повторить все действия 7.4.1, предварив их выполнением процедуры gemetric поверяемого канала с коэффициентом, равным коэффициенту преобразования по заряду (напряжению) используемого эталонного датчика, и завершив их процедурой gemetric поверяемого канала с коэффициентом, равным коэффициенту преобразования датчика стороннего производителя, с которым работает данный канал. Значение коэффициента следует взять из паспорта на датчик.

ВНИМАНИЕ! В случае, если обратную процедуру *remetric* не выполнить, показания канала перестанут быть достоверными!

7.4.3 Определение основной погрешности измерения СКЗ, пикового значения виброскорости, виброускорения и размаха виброперемещения абсолютной вибрации третьим методом.

7.4.3.1 Определить ряд значений амплитуд напряжений для последовательной установки на генераторе для эмуляции соответствующего входного сигнала по заряду. Исходя из требуемого для поверки диапазона значений виброскорости и, при необходимости, виброускорения пересчитать их для выбранной калибровочной частоты в значения напряжения по формулам:

$$U_{v_e} = \frac{v_e * \sqrt{2}}{1000} * 2 * \pi * f * \frac{K_q}{C_{экс}}; \quad U_{a_e} = a_e * \sqrt{2} * \frac{K_q}{C_{экс}};$$

$$U_{S_{pp}} = \frac{S_{pp}}{10^6 * 2} * 4 * \pi^2 * f^2 * \frac{K_q}{C_{экс}}$$

Где

v_e - эмулируемое значение СКЗ виброскорости, мм/с;

a_e - эмулируемое значение СКЗ виброускорения, м/с²;

S_{pp} эмулируемое значение размах виброперемещения, мкм;

U_{v_e} - амплитуда напряжения, устанавливаемая на генераторе для получения значения виброскорости v_e , В;

U_{a_e} - амплитуда напряжения, устанавливаемая на генераторе для получения значения виброускорения a_e , В;

$U_{S_{pp}}$ - амплитуда напряжения, устанавливаемая на генераторе для получения размаха перемещения S_{pp} , В;

K_q - коэффициент преобразования датчика, подключаемого к каналу (указывается в паспорте на канал) пКл*с²/м;

$C_{экс}$ - измеренное ранее значение используемой эквивалентной емкости, пФ;

f - калибровочная частота канала (см п.7.4.1.2), Гц;

Внимание! При использовании малых значений амплитуды напряжения на выходе генератора вклад нелинейных искажений в сигнал увеличивается. Рекомендуется выбирать эквивалентную емкость таким образом, чтобы значения амплитуд напряжений, соответствующие минимальным поверяемым значениям виброускорения, виброскорости и виброперемещения были не ниже 10 мВ. Пример: Зададимся значениями СКЗ виброскорости 1, 2, 3, 5, 10, 20, 50, 80, 100 мм/с (что на данной калибровочной частоте будет соответствовать ряду СКЗ виброускорений 0.524; 1.048; 1.5072; 2.512; 5.024; 10.048; 25.12; 40.192; 50.24 м/с² и ряду размахов виброперемещений 3, 6, 11, 17, 28, 113, 282, 448, 561 мкм); калибровочной частотой $f=80$

Гц, коэффициентом чувствительности датчика $K_q=10$ пКл*с²/м; эквивалентной емкостью 330 пф. Тогда ряд амплитуд напряжений будет: 15.022; 30.044; 45.672; 76.121; 152.242; 304.484; 761.212; 1217.939; 1522.424 мВ.

7.4.3.2 Включить генератор. Поочередно устанавливать значения рассчитанных напряжений.

7.4.3.3 Получить показания СКЗ, пикового значения виброскорости, виброускорения и размаха виброперемещения (набор поверяемых параметров определяется конфигурацией канала конкретного поверяемого экземпляра анализатора) и произвести расчеты аналогично тому, как указано в п.п. 7.4.1.4 – 7.4.1.12.

7.4.4 Определение основной погрешности измерения СКЗ и пикового значения виброскорости и виброускорения абсолютной вибрации четвертым методом.

7.4.4.1 Определить ряд значений амплитуд напряжений для последовательной установки на генераторе для эмуляции соответствующего входного сигнала по напряжению. Исходя из требуемого для поверки диапазона значений виброскорости и, при необходимости, виброускорения пересчитать их для выбранной калибровочной частоты в значения напряжения по формулам:

$$U_{v_e} = \frac{v_e}{1000} * 2 * \pi * f * K_u; U_{a_e} = a_e * K_u; U_{S_{pp}} = \frac{S_{pp}}{10^6 * 2} * 4 * \pi^2 * f^2 * K_u$$

Где

v_e - эмулируемое значение СКЗ виброскорости, мм/с;

a_e - эмулируемое значение СКЗ виброускорения, м/с²;

S_{pp} эмулируемое значение размах виброперемещения, мкм;

U_{v_e} - амплитуда напряжения, устанавливаемая на генераторе для получения значения виброскорости v_e , мВ;

U_{a_e} - амплитуда напряжения, устанавливаемая на генераторе для получения значения виброскорости a_e , мВ;

$U_{S_{pp}}$ - амплитуда напряжения, устанавливаемая на генераторе для получения значения размаха виброперемещения S_{pp} , мВ,

K_u - коэффициент преобразования датчика, подключаемого к каналу (указывается в паспорте на канал) мВ*с²/м;

f - калибровочная частота канала (см п. 7.4.1.12), Гц;

Внимание! При использовании малых значений амплитуды напряжения на выходе генератора вклад нелинейных искажений в сигнал увеличивается. Рекомендуется выбирать эквивалентную емкость т.о., чтобы значения амплитуд напряжений, соответствующие минимальным поверяемым значениям виброускорения, виброскорости не были ниже 10 мВ.

Пример: Зададимся значениями СКЗ виброскорости 1, 2, 3, 5, 10, 20, 50, 80, 100 мм/с (что на данной калибровочной частоте будет соответствовать ряду СКЗ виброускорений 0.524, 1.048; 1.5072; 2.512; 5.024; 10.048; 25.12; 40.192; 50.24 размахов

виброперемещений 3, 6, 11, 17, 28, 113, 282, 448, 561 мкм); калибровочной частотой $f=80$ Гц, коэффициентом чувствительности датчика $K_q=10\text{мВ} \cdot \text{с}^2/\text{м}$. Тогда ряд амплитуд напряжений будет: 5.240, 10.480; 15.720; 25.120; 50.240; 100.480; 251.200; 401.920; 502.400 мВ.

7.4.4.2 Получить показания СКЗ, пикового значения виброскорости, виброускорения и размаха виброперемещения (набор поверяемых параметров определяется конфигурацией канала конкретного поверяемого экземпляра анализатора) и произвести расчеты аналогично тому, как указано в п.п. 7.4.1.4 – 7.4.1.12.

7.4.5 Определение неравномерности АЧХ абсолютной вибрации первым методом.

7.4.5.1 Устанавливать последовательно частоту колебаний вибростенда из столбца 1 нижеуказанной таблицы по ГОСТ Р 8.714-2010

Таблица 2 Допуски АЧХ канала вибрации

Частота, Гц	Номинальный коэффициент преобразования, дБ	Нижняя граница допуска, дБ	Верхняя граница допуска, дБ	Допуск, дБ	
2,00	-42	-36,0	-50	±8	
2,5	-36	-32,0	-40	±4	
3,2	-30	-26,0	-34	±4	
4	-24	-20,0	-28	±4	
5	-18,1	-16,1	-20,1	±2	
6,3	-12,3	-10,3	-14,3	±2	
8	-7,0	-5,0	-9,0	±2	
10	-3,01	-1,01	-5,01	±2	
12,6	-0,97	-0,14	-1,89	+0,83	-0,92
15,8	-0,27	0,56	-1,19	+0,83	-0,92
20,0	-0,07	0,76	-0,99	+0,83	-0,92
25	-0,02	0,81	-0,94	+0,83	-0,92
32	0,00	0,83	-0,92	+0,83	-0,92
40	0,00	0,83	-0,92	+0,83	-0,92
50	0,00	0,83	-0,92	+0,83	-0,92
63	0,00	0,83	-0,92	+0,83	-0,92
80	0,00	0,00	0,00	+0,83	-0,92
100	0,00	0,83	-0,92	+0,83	-0,92
126	0,00	0,83	-0,92	+0,83	-0,92
158	0,00	0,83	-0,92	+0,83	-0,92
200	0,00	0,83	-0,92	+0,83	-0,92
251	0,00	0,83	-0,92	+0,83	-0,92
316	0,00	0,83	-0,92	+0,83	-0,92
400	-0,02	0,81	-0,94	+0,83	-0,92
500	-0,07	0,76	-0,99	+0,83	-0,92
630	-0,27	0,56	-1,19	+0,83	-0,92
800	-0,97	-0,14	-1,89	+0,83	-0,92
1000	-3,01	-1,01	-5,01	±2	
1260	-7,0	-5,0	-9,0	±2	
1590	-12,3	-10,3	-14,3	±2	
1995	-18,1	-16,1	-20,1	±2	
2510	-24,0	-20,0	-28,0	±4	
3160	-30,0	-26,0	-34,0	±4	
3980	-36,0	-32,0	-40,0	±4	
5000	-42,0	-34,0	-50,0	±8	
6300	-48,0	-36,0	-60,0	±12	
7900	-54,0	-38,0	-70,0	±16	
10000	-60,0	-40,0	-80,0	±20	

Примечание:

1. Данные частоты рассчитываются по формуле $F_i = 100 * G^{\pm \frac{i}{3}}$; $i = 1 \dots N$ и затем округляются по правилам вышеуказанного ГОСТ.

2. Допускается прореживать вдвое шаг по частоте

- 7.4.5.2 На каждой частоте амплитуду сигнала устанавливают такой, чтобы эталонное значение СКЗ виброскорости было 10 мм/с.
- 7.4.5.3 При каждом эталонном значении СКЗ следует определить СКЗ виброскорости, измеренное поверяемым каналом (считать результаты измерения по интерфейсу USB) $v_{e_{изм}}^d$ и измерить ток на токовом выходе $I_{изм}$ и/или (если используется) напряжение на выходе по напряжению $U_{изм}$. Протокол записи результатов измерений допускается вести в произвольной форме.
- 7.4.5.4 Пересчитать значение силы тока на токовом выходе в СКЗ виброскорости по формуле, приведенной в 7.4.1.6 и/или значение напряжения на выходе по напряжению в СКЗ виброскорости по формуле, приведенной в 7.4.1.7
- 7.4.5.5 Для каждой частоты рассчитать фактическое значение коэффициента преобразования по формулам:

$$R^d = 20 \log \frac{v_{e_{изм}}^a}{v_{e_{80}}^d}, \quad R^a = 20 \log \frac{v_{e_{изм}}^a}{v_{e_{80}}^a}$$

где R^d, R^a – фактическое значение коэффициента преобразования по цифровому выходу и аналоговому выходу (по току или напряжению) соответственно, дБ

$v_{e_{изм}}^d, v_{e_{изм}}^a$ – СКЗ виброскорости, измеренное на данной частоте по цифровому выходу и аналоговому выходу (по току и/или напряжению в зависимости от конфигурации устройства) соответственно, мм/с.

$v_{e_{80}}^d, v_{e_{80}}^a$ – СКЗ виброскорости, измеренное на базовой частоте (80 Гц) по выходу и аналоговому выходу соответственно, мм/с.

Примечание: в зависимости от характеристик используемого оборудования при определении неравномерности АЧХ допускается устанавливать эталонное СКЗ виброскорости отличным от 10 мм/с.

- 7.4.5.6 Результаты поверки удовлетворительны, если полученные значения соответствуют допускам, приведенным в Таблица 2.

7.4.6 Определение неравномерности АЧХ абсолютной вибрации вторым методом.

- 7.4.6.1 Повторить все действия 7.4.5, предварив их выполнением процедуры remetric поверяемого канала с коэффициентом, равным коэффициенту преобразования по заряду (напряжению) используемого эталонного датчика, и завершив их процедурой remetric поверяемого канала с коэффициентом, равным коэффициенту преобразования датчика стороннего производителя, с которым работает данный канал. Значение коэффициента следует взять из паспорта на датчик.

ВНИМАНИЕ! В случае, если обратную процедуру remetric не выполнить, показания канала **перестанут быть достоверными!**

7.4.7 Определение неравномерности АЧХ абсолютной вибрации третьим и четвертым методом.

- 7.4.7.1 Рассчитать ряд амплитуд напряжений, которые необходимо последовательно задать с генератора для эмуляции одинаковой величины виброскорости для всего ряда частот по формуле, приведенной в п. 7.4.3.1. Величину виброскорости выбирать одинаковой для всех частот и равной 10 мм/с. Допускается выбирать другое значение виброскорости (одинаковое для всех точек), если для какой-либо из частот полученная в результате расчета амплитуда напряжения на генераторе окажется ниже 10 мВ.

7.4.7.2 Устанавливать последовательно частоты синусоидального сигнала с генератора из столбца 1 Таблица 2.

7.4.7.3 Повторить действия и расчеты, описанные в п. 7.4.5.3 – 7.4.5.5

7.4.8 Определение основной погрешности измерения размаха и пикового значения виброперемещения относительной вибрации.

7.4.8.1 Последовательно устанавливать размах относительного виброперемещения в пределах диапазона измерения (включая нижнюю и верхнюю границы) с шагом 10% от диапазона измерения, позиционируя поворотный кронштейн-держатель датчика таким образом, чтобы расстояние от оси датчика, установленного в зажим кронштейна, до оси вращения пластины - имитатора возрастало. Для каждого положения кронштейна, предварительно зафиксировав его, выполнить следующие операции:

7.4.8.2 Установить в зажим кронштейна индикатор часового типа.

7.4.8.3 Вращая от руки диск устройства для калибровки по индикатору часового типа, входящему в состав устройства, определить максимальное S_{max} и минимальное расстояние S_{min} от датчика до диска.

7.4.8.4 рассчитать эталонные значения размаха и пикового значения виброперемещения по формулам:

$$S_{pp0} = S_{max} - S_{min}; \quad S_{p0} = \frac{S_{max} - S_{min}}{2}$$

где S_{pp0} – размах виброперемещения по эталонному каналу, мкм;

S_{p0} – пиковое значение виброперемещения по эталонному каналу, мкм;

S_{max} – максимальное расстояние от датчика до диска по часовому индикатору, мкм;

S_{min} – минимальное расстояние от датчика до диска по часовому индикатору, мкм;

7.4.8.5 Установить взамен индикатора часового типа датчик поверяемого канала, не меняя положения кронштейна.

7.4.8.6 Включить электромотор с частотой вращения диска 4800 об/мин

7.4.8.7 Определить размах и пиковое значение виброперемещения, измеренные поверяемым каналом (считать результаты измерения по интерфейсу USB)

$S_{pp_{изм}}^d$, $S_{p_{изм}}^d$ и измерить ток на токовых выходах $I_{изм}$ и/или (если используется)

выходах по напряжению. $U_{изм}$ Протокол записи результатов измерений допускается вести в произвольной форме.

7.4.8.8 Пересчитать значение силы тока на соответствующем токовом выходе и/или выходе по напряжению (в зависимости от конфигурации) в размах виброперемещения по формуле:

$$S_{pp_{изм}}^i = S_{pp_{max}} * \frac{I_{изм,pp} - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}; \quad S_{p_{изм}}^i = S_{p_{max}} * \frac{I_{изм,p} - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

$$S_{pp_{изм}}^u = S_{pp_{max}} * \frac{U_{изм,pp} - U_{min}}{U_{max} - U_{min}}; \quad S_{p_{изм}}^u = S_{p_{max}} * \frac{U_{изм,p} - U_{min}}{U_{max} - U_{min}}$$

где $S_{pp_{изм}}^i$, $S_{p_{изм}}^i$ – значения размаха и амплитуды виброперемещения, соответствующие току на токовых выходах, мкм;

$S_{pp_{изм}}^u$, $S_{p_{изм}}^u$ – значения размаха и амплитуды виброперемещения, соответствующие напряжению на выходах по напряжению, мкм;

$I_{изм,pp}$, $I_{изм,p}$ – значения силы тока на токовом выходе, соответствующие размаху и амплитуде виброперемещения, мА;

$U_{изм,pp}$, $U_{изм,p}$ – значения силы тока на токовом выходе, соответствующие размаху и амплитуде виброперемещения, мА;

I_{min} – нижний предел изменения силы тока, мА;

I_{max} – верхний предел изменения силы тока, мА;

U_{min} – нижний предел изменения напряжения, В;

U_{max} – верхний предел изменения силы тока, В;

S_{ppmax} , S_{pmax} – верхние границы диапазона измерения размаха и амплитуды виброперемещения, мкм;

7.4.8.9 Повторить п.п. 7.4.8.2 - 7.4.8.8 для других значений размаха виброперемещения.

7.4.8.10 Рассчитать относительную погрешность каждого измерения размаха и пикового значения виброперемещения по цифровому выходу и токовому выходу в диапазоне измерений от 80 мкм по формулам:

$$\delta_{n,pp}^d = \frac{|S_{ppизм}^d - S_{pp0}|}{S_{pp0}} * 100; \delta_{n,p}^d = \frac{|S_{pизм}^d - S_{p0}|}{S_{p0}} * 100;$$

$$\delta_{n,pp}^i = \frac{|S_{ppизм}^i - S_{pp0}|}{S_{pp0}} * 100; \delta_{n,p}^i = \frac{|S_{pизм}^i - S_{p0}|}{S_{p0}} * 100;$$

$$\delta_{n,pp}^u = \frac{|S_{ppизм}^u - S_{pp0}|}{S_{pp0}} * 100; \delta_{n,p}^u = \frac{|S_{pизм}^u - S_{p0}|}{S_{p0}} * 100;$$

где $\delta_{n,pp}^d$, $\delta_{n,pp}^i$, $\delta_{n,pp}^u$, $\delta_{n,p}^d$, $\delta_{n,p}^i$, $\delta_{n,p}^u$ – относительные погрешности измерения размаха и амплитуды виброперемещения по цифровому выходу, токовому выходу и выходу по напряжению, %;

$S_{ppизм}^d$, $S_{ppизм}^i$, $S_{ppизм}^u$, $S_{pизм}^d$, $S_{pизм}^i$, $S_{pизм}^u$ – размах и амплитуда виброперемещения по цифровому выходу токовому выходу и выходу по напряжению, измеренные поверяемым каналом, мкм;

S_{pp0} , S_{p0} – эталонные значения размаха и амплитуды виброперемещения, мкм.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении относительная погрешность по цифровому выходу не превышает 2%б аналоговому – 3%.

7.4.8.11 Рассчитать абсолютную погрешность каждого измерения размаха и пикового значения виброперемещения в диапазоне до 80 мкм по формуле:

$$\Delta_{pp}^d = S_{ppизм}^d - S_{pp0},$$

$$\Delta_p^d = S_{pизм}^d - S_{p0},$$

где Δ_{pp}^d , Δ_p^d , – абсолютные погрешности измерения размаха и амплитуды виброперемещения по цифровому выходу мкм;

$S_{PP_{u3M}}^d$, $S_{P_{u3M}}^d$ – размах и амплитуда виброперемещения по цифровому выходу измеренные поверяемым каналом, мкм;

S_{PP_0} , S_{P_0} – эталонные значения размаха и амплитуды виброперемещения, мкм.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении абсолютная погрешность не превышает ± 4 мкм по размаху, ± 2 мкм – по амплитуде.

7.4.9 Определение неравномерности АЧХ относительной вибрации.

7.4.9.1 Установить размах виброперемещения, равный 100 мкм.

7.4.9.2 Меняя частоту вращения двигателя стенда (Рисунок 2), устанавливая частоты из столбца 1 Таблица 2 (определяются возможностями стенда)

7.4.9.3 При каждом измерении следует определить размах виброперемещения, измеренный поверяемым каналом (считать результаты измерения по интерфейсу USB)

$S_{PP_{u3M}}^d$ и измерить ток на токовом выходе I_{u3M} и/или (если используется) U_{u3M} . Протокол записи результатов измерений допускается вести в произвольной форме.

7.4.9.4 Пересчитать значение силы тока на токовом выходе и/или значение напряжения на выходе по напряжению в размах перемещения по формуле, приведенной в п. 7.4.8.8

7.4.9.5 Рассчитать фактическое значение коэффициента преобразования по формулам:

$$R^d = 20 \log \frac{S_{PP_{u3M}}^d}{S_{PP_{80}}^d}, \quad R^i = 20 \log \frac{S_{PP_{u3M}}^i}{S_{PP_{80}}^i}, \quad R^u = 20 \log \frac{S_{PP_{u3M}}^u}{S_{PP_{80}}^u}$$

где фактическое значение коэффициента преобразования по цифровому выходу и аналоговому выходу (по току или напряжению) соответственно, дБ;

$S_{PP_{u3M}}^d$, $S_{PP_{u3M}}^i$, $S_{PP_{u3M}}^u$ - размах виброперемещения по цифровому выходу, токовому выходу и выходу по напряжению, измеренные поверяемым каналом, мкм;

$S_{PP_{80}}^d$, $S_{PP_{80}}^i$, $S_{PP_{80}}^u$ - размах виброперемещения по цифровому выходу, токовому выходу и выходу по напряжению, измеренные поверяемым каналом на базовой частоте 80 Гц, мкм.

7.4.9.6 Результаты поверки удовлетворительны, если полученные значения соответствуют допускам, приведенным в Таблица 2

7.4.10 Определение основной абсолютной погрешности измерения зазора по цифровому выходу и относительной погрешности по токовому выходу и/или выходу по напряжению каналом измерения относительной вибрации.

7.4.10.1 Вращая микрометрический винт стенда, последовательно устанавливая зазор Z_0 (эталонный зазор) равным от 0 до 2,5 мм с шагом 0,5 мм. При каждом заданном значении зазора определить значение зазора Z_{u3M}^d , измеренное поверяемым каналом (считать результаты измерения по интерфейсу USB) и измерить ток I_{u3M} на токовом выходе и/или (если используется) напряжение на выходе по напряжению. Протокол записи результатов измерений допускается вести в произвольной форме.

7.4.10.2 Пересчитать значение силы тока на токовом выходе в значение зазора по формуле:

$$Z_{u3M}^i = (I_{u3M} - I_{min}) * \frac{Z_{max} - Z_{min}}{I_{max} - I_{min}} + Z_{min}$$

$$Z_{изм}^u = (U_{изм} - U_{min}) * \frac{Z_{max} - Z_{min}}{U_{max} - U_{min}} + Z_{min}$$

где $Z_{изм}^i$, $Z_{изм}^u$ – значение зазора, соответствующее току на токовом выходе и напряжению на выходе по напряжению поверяемого канала, мкм;

$I_{изм}$ – значение силы тока на токовом выходе, мА;

I_{min} – нижний предел изменения силы тока, мА;

I_{max} – верхний предел изменения силы тока, мА;

$U_{изм}$ – значение напряжения на выходе по напряжению, В;

U_{min} – нижний предел изменения напряжения, В;

U_{max} – верхний предел изменения напряжения, В;

Z_{max} – верхняя граница диапазона измерения зазора, мкм;

Z_{min} – нижняя граница диапазона измерения зазора, мкм.

7.4.10.3 Рассчитать абсолютную погрешность каждого измерения по формулам:

$$\Delta^d = Z_{изм}^d - Z_0, \Delta^i = Z_{изм}^i - Z_0, \Delta^u = Z_{изм}^u - Z_0$$

где Δ^d , Δ^i , Δ^u – абсолютные погрешности измерения по цифровому выходу, токовому выходу и выходу по напряжению соответственно, мкм;

$Z_{изм}^d$, $Z_{изм}^i$, $Z_{изм}^u$ – значения зазора, измеренные поверяемым каналом по цифровому выходу, токовому выходу и выходу по напряжению, мкм

Z_0 – эталонный зазор, мкм.

7.4.10.4 Рассчитать относительную погрешность измерения по токовому выходу и/или выходу по напряжению по формулам:

$$\delta_Z^i = \frac{|Z_{изм}^i - Z_0|}{Z_0} * 100$$

$$\delta_Z^u = \frac{|Z_{изм}^u - Z_0|}{Z_0} * 100$$

где δ_Z^i , δ_Z^u – относительные погрешности измерения зазора по токовому выходу и выходу по напряжению соответственно, %;

$Z_{изм}^i$, $Z_{изм}^u$ – значения зазора, измеренные поверяемым каналом по токовому выходу и выходу по напряжению, мкм

Z_0 – эталонный зазор, мкм.

7.4.10.5 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении абсолютная погрешность не превышает ± 20 мкм, а относительная – 3%.

7.4.11 Определение основной абсолютной погрешности измерения по цифровому выходу и относительной погрешности по токовому выходу и/или выходу по напряжению осевого сдвига.

7.4.11.1 Вращая микрометрический винт станда, последовательно устанавливая зазор

таким, чтобы его разность с установочным зазором (осевой сдвиг Z_0) пробежала диапазон от минус 2,5 до плюс 2,5 мм с шагом 0,5 мм. При каждом заданном значении осевого сдвига определить значение осевого сдвига $Z_{изм}^d$, измеренное поверяемым каналом (считать показания по интерфейсу USB) и измерить ток $I_{изм}$ на токовом выходе и/или напряжение на выходе по напряжению $U_{изм}$. Протокол записи результатов измерений допускается вести в произвольной форме.

7.4.11.2 Дальнейшие расчеты произвести аналогично п.п 7.4.10.2 - 7.4.10.5

7.4.12 Определение погрешности измерения по цифровому выходу и относительной погрешности по токовому выходу и/или выходу по напряжению частоты вращения

7.4.12.1 Поочередно устанавливая эталонную частоту F_0 на выходе генератора 1; 5; 50; 200; 500; 1000; 2000; 3000 Гц, при этом амплитуда прямоугольных импульсов должна быть не менее 2,5В (в случае использования для тахометрирования дискретного входа) либо в соответствии с описанием прибора СП-50 (при применении вихретокового датчика).

7.4.12.2 При каждом установленном значении частоты генератора определить частоту вращения, измеренную поверяемым каналом (считать результаты измерения по интерфейсу USB) $F_{изм}^d$ и измерить ток на токовом выходе $I_{изм}$ и/или (если используется) напряжение на выходе по напряжению $U_{изм}$. Протокол записи результатов измерений допускается вести в произвольной форме.

7.4.12.3 Пересчитать значение силы тока на токовом выходе и/или величины напряжения на выходе по напряжению в величину частоты вращения по формуле:

$$F_{изм}^i = \frac{I_{изм} - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} * F_{max}; F_{изм}^u = \frac{U_{изм} - U_{min}}{U_{max} - U_{min}} * F_{max}$$

где $F_{изм}^i$, $F_{изм}^u$ – значение частоты вращения, соответствующее значению силы тока на токовом выходе поверяемого канала, об/мин;

$I_{изм}$ – значение силы тока на токовом выходе, мА;

I_{min} – нижний предел изменения силы тока, мА;

I_{max} – верхний предел изменения силы тока, мА;

$U_{изм}$ – значение напряжения, измеренное на выходе по напряжению, В;

U_{min} – нижний предел изменения напряжения на выходе, В;

U_{max} – верхний предел изменения напряжения на выходе, В;

F_{max} – верхняя граница диапазона измерения частоты вращения, об/мин.

7.4.12.4 Определить относительную погрешность измерения частоты вращения по цифровому выходу, токовому выходу и выходу по напряжению по формулам:

$$\delta_c^d = \frac{|F_{изм}^d - F_0 * 60|}{F_0 * 60} * 100, \quad \delta_c^i = \frac{|F_{изм}^i - F_0 * 60|}{F_0 * 60} * 100, \quad \delta_c^u = \frac{|F_{изм}^u - F_0 * 60|}{F_0 * 60} * 100$$

где δ_c^d , δ_c^i , δ_c^u – относительная погрешность измерения частоты вращения по цифровому выходу, токовому выходу и выходу по напряжению, %;

$F_{изм}^d$, $F_{изм}^i$, $F_{изм}^u$ – значение частоты вращения по цифровому выходу, токовому выходу

и выходу по напряжению, измеренное поверяемым каналом, об/мин;

F_0 – эталонное значение частоты, Гц.

7.4.12.5 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении погрешность передачи сигнала не превышает $\pm 2\%$ по цифровому и $\pm 3\%$ по токовому выходу и/или выходу по напряжению.

7.4.12.6 Рассчитать абсолютную погрешность измерения частоты вращения по цифровому выходу по формуле:

$$\Delta_c^d = F_{изм}^d - F_0 * 60$$

где Δ_c^d – абсолютная погрешность измерения частоты вращения по цифровому выходу, об/мин

$F_{изм}^d$ – значение частоты вращения по цифровому выходу, измеренное поверяемым каналом, об/мин;

F_0 – эталонное значение частоты, Гц.

7.4.12.7 Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении абсолютная погрешность в диапазоне до 30000 об/мин не превышает ± 1 об/мин, в диапазоне от 30000 об/мин – не превышает ± 10 об/мин. по цифровому выходу и 3% по аналоговому выходу.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.

- 8.1 Анализаторы, прошедшие поверку с положительным результатом, признаются годными и допускаются к применению.
- 8.2 Результаты поверки анализаторов подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. В паспорт анализатора вносится оттиск поверительного клейма. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений.
- 8.3 При отрицательных результатах поверки в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ на анализатор оформляется извещение о непригодности к применению или делается соответствующая запись в паспорте анализатора.

Зам. начальника отдела 204



В.П. Кывыржик

Начальник лаборатории 204/3



А.Г. Волченко