

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
МЕТРОЛОГИИ
И ИСПЫТАНИЙ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ»
(ФБУ «Ростовский ЦСМ»)



«СОГЛАСОВАНО»

Первый заместитель
генерального директора
ФБУ «Ростовский ЦСМ»

В.А. Романов

«20» августа 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Система виброконтроля и диагностики турбоагрегата (СКВМ)
энергоблока № 3 Калининской АЭС Вибробит 500.025

Методика поверки
ВШПА.421412.500.025 МП

г. Ростов-на-Дону
2024 г.

Оглавление

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	6
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	6
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	7
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ...	7
6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	9
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	9
8 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	9
9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	9
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.....	12
11. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	21
ПРИЛОЖЕНИЕ А	22

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на систему виброконтроля и диагностики турбоагрегата (СКВМ) энергоблока № 3 Калининской АЭС Вибробит 500.025 зав. № 2168 (далее – Система) и устанавливает методику её первичной и периодической поверки.

1.2 Выполнение всех требований настоящей методики обеспечивает прослеживаемость поверяемого средства измерений к следующим государственным первичным эталонам:

- ГЭТ 58-2018 «Государственному первичному специальному эталону единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела» в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения, утвержденной Приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772.

1.3 Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик применяется метод прямых и косвенных измерений.

1.4 Методика поверки допускает возможность поверки СИ на меньшем числе поддиапазонов измерений и меньшем количестве каналов измерений на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, оформленного в произвольной форме, с обязательным указанием информации об объеме проведенной поверки при оформлении ее результатов согласно п. 11 настоящей методики поверки.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики.

Наименование характеристики	Значение
Канал измерений СКЗ виброскорости	
Диапазон измерений СКЗ виброскорости, мм/с: - основной составляющей; - низкочастотной составляющей.	от 0,3 до 30 от 0,5 до 3
Диапазон рабочих частот СКЗ виброскорости, Гц: - основной составляющей; - низкочастотной составляющей.	от 10 до 1000 от 10 до 25
Канал измерений СКЗ виброскорости	
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости по цифровому индикатору и АРМ оператора на базовой частоте, %	$\pm(5,0+0,05 \cdot (V_g/V_{изм}))$ 1)

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Значение
Канал измерений СКЗ виброскорости	
Неравномерность АЧХ в диапазоне рабочих частот для основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости, %	±5,0
Диапазон выходного унифицированного сигнала основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости, мА	от 4 до 20
Пределы допускаемой основной приведённой к диапазону погрешности измерений основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости по выходному унифицированному сигналу, %	±5,5
Базовая частота, Гц: - в диапазоне частот (10 – 1000) Гц для основной составляющей СКЗ виброскорости - в диапазоне частот (10 – 25) Гц для низкочастотной составляющей СКЗ виброскорости	80 16
Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности канала измерений основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости, вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальной до конечных значений диапазона рабочих температур, %	±8,0
¹⁾ V_g – верхнее значение диапазона измерений СКЗ виброскорости, мм/с; $V_{изм}$ – измеренное значение основной и низкочастотной составляющей СКЗ виброскорости, мм/с	
Канал измерений размаха относительного виброперемещения	
Диапазон измерений размаха относительного виброперемещения, мкм	от 15 до 500
Диапазон рабочих частот, Гц	от 5 до 500
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений размаха относительного виброперемещения по цифровому индикатору и АРМ оператора на базовой частоте, %	$\pm(5,0 + 0,15 \cdot (L_g/L_{изм}))^2$
Неравномерность АЧХ в диапазоне рабочих частот, %	±5,0
Диапазон выходного унифицированного сигнала, мА	от 4 до 20
Пределы допускаемой основной приведённой к диапазону погрешности измерений размаха относительного виброперемещения по выходному унифицированному сигналу, %	±5,5

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Значение
Канал измерений размаха относительного виброперемещения	
Базовая частота, Гц	80
Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности канала измерений размаха относительного виброперемещения, вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальной до конечных значений диапазона рабочих температур, %	$\pm 5,0$
²⁾ L_g – верхнее значение диапазона измерений размаха относительного виброперемещения, мкм; $L_{изм}$ – измеренное значение размаха относительного виброперемещения, мкм	
Канал измерений смещения	
Диапазон измерений смещения, мм	от 0 до 2
Пределы допускаемой основной приведённой к диапазону погрешности измерений смещения по АРМ оператора, %	$\pm 5,0$
Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности канала измерений смещения, вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальной до конечных значений диапазона рабочих температур, %	$\pm 5,0$
Канал измерений частоты вращения	
Диапазон измерений частоты вращения, об/мин	от 10 до 4000
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений частоты вращения по цифровому индикатору и АРМ оператора, об/мин	$\pm 0,5$
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности канала измерений частоты вращения по цифровому индикатору и АРМ оператора, вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальной до конечных значений диапазона рабочих температур, об/мин	$\pm 1,0$
Диапазон выходного унифицированного сигнала, мА	от 4 до 20
Пределы допускаемой основной приведённой к диапазону погрешности измерений частоты вращения по выходному унифицированному сигналу, %	$\pm 0,5$
Пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности канала измерений частоты вращения по унифицированному токовому выходу, вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальной до конечных значений диапазона рабочих температур, %	$\pm 0,5$

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.

2.1 При проведении первичной и периодической поверок Системы выполняются операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Номер пункта документа по поверке	Обязательность проведения операции поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Проверка программного обеспечения средства измерений	8	да	да
Подготовка к поверке и опробование:	9		
- Проверка электрического сопротивления изоляции	9.2	да	да
- Опробование	9.3	да	да
Определение метрологических характеристик:	10		
- Определение метрологических характеристик канала измерений СКЗ виброскорости	10.1	да	да
- Определение метрологических характеристик канала измерений размаха относительного виброперемещения	10.2	да	да
- Определение метрологических характеристик канала измерений смещения	10.3	да	да
- Определение метрологических характеристик канала измерений частоты вращения	10.4	да	да
- Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10.5	да	да
Оформление результатов поверки	11	да	да

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.

3.1 При проведении поверки должны быть выполнены условия:

- температура воздуха, °С от +18 до +25
- относительная влажность воздуха, % от 40 до 80

3.2 При подготовке к поверке, средства поверки и вспомогательное оборудование должны быть подготовлены в соответствии с указаниями эксплуатационной документации.

3.3 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверка наличия действующих свидетельств (отметок) о поверке используемых средств измерений и действующих аттестатов для эталонов;
- подготовка Системы, средств измерений и вспомогательных устройств, входящих в состав поверочного оборудования, в соответствии с их эксплуатационной документацией.

4. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ.

4.1 К проведению поверки допускаются лица из числа сотрудников организаций, аккредитованных на право проведения поверки в соответствии с действующим законодательством РФ, изучивших настоящую методику поверки, руководство по эксплуатации на Систему ВШПА.421412.500.025 РЭ и средства поверки.

5. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ.

При проведении поверки необходимо применять средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.1 Контроль условий поверки	Средства измерения температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +30 °С и ПГ $\pm 1,0$ °С; Средства измерения относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 % до 80 % и ПГ ± 2 %	Термогигрометр ИВА-6Н-Д, (рег. № 46434-11)
п. 9.2 Проверка электрического сопротивления изоляции	Измеритель параметров электроизоляции до 100 Мом, ПГ $\pm 10\%$	МІС 2510 (рег. № 49421-12)

Продолжение таблицы 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
<p>п.10</p> <p>Определение метрологических характеристик</p>	<p>Рабочий эталон единицы длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела 2-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения, утвержденной приказом Росстандарта от 27.12.2018 г. № 2772.</p> <p>Рабочий эталон единицы времени, частоты и национальной шкалы времени 5 разряда, в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360.</p> <p>Рабочий эталон единицы силы постоянного тока 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А, утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091.</p> <p>Средства измерений длины от 0 до 25 мм, пределы допускаемой погрешности в диапазоне измерений ± 4 мкм</p>	<p>Виброустановка калибровочная портативная 9110D. (рег. № 50247-12);</p> <p>Генератор сигналов произвольной формы HMF2550 (рег. № 49643-12)</p> <p>Мультиметр цифровой 34410A. (рег. № 47717-11)</p> <p>Головка измерительная цифровая S_Dial WORK (рег. № 60675-15)</p>
<p>Вспомогательное оборудование:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Стенд СП10 (ВШПА.421412.047) 2. Приспособление СП50 (ВШПА.421412.164). 3. Кронштейн для размаха относительного виброперемещения 		
<p>Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</p>		

6. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.

6.1 К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

6.2 При работе с средствами поверки и поверяемой Системой должны быть соблюдены требования безопасности, оговоренные в соответствующей эксплуатационной документации.

7. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено отсутствие видимых внешних повреждений Системы, влияющих на его эксплуатационные характеристики и внешний вид.

7.2 Проверка комплектности и маркировки выполняется визуально. Система, подлежащая поверке, должна быть полностью укомплектована, иметь чёткую маркировку и комплект эксплуатационной документации.

Система считается прошедшей поверку по пункту 7, если отсутствуют видимые повреждения Системы, его комплектность и маркировка соответствуют требованиям эксплуатационной документацией.

8. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.

На АРМ оператора, где установлено ПО, проводится проверка соответствия заявленных идентификационных данных программного обеспечения (далее - ПО), указанных в описании типа и эксплуатационной документации:

- идентификационное наименование ПО;
- номер версии (идентификационный номер) ПО.

Наименование ПО и его версия определяются в процессе загрузки ПО на стартовой странице. Убедиться, что идентификационное наименование и номер версии ПО соответствует заявленным.

Система считается прошедшей поверку по данному пункту методики, если идентификационное наименование ПО, номер версии (идентификационный номер) ПО не противоречат приведенным в описании типа.

9. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.

9.1 Контроль условий поверки и подготовка к поверке

Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверка наличия необходимого поверочного оборудования и вспомогательных устройств (приспособлений);
- проверка наличия действующих свидетельств (отметок) о поверке используемых средств измерений;

- проверка наличия на корпусе датчика и(или) разъёме с кабелем информации о его модификации и заводском номере;
- подготовка к работе поверяемой Системы, средств измерений и вспомогательных устройств, входящих в состав поверочного оборудования, в соответствии с их эксплуатационной документацией.

9.2 Проверка электрического сопротивления изоляции Системы

Сопротивление изоляции внешних цепей Системы измеряют мегаомметром, с напряжением от 100 В до 250 В.

Минимальное значение сопротивления изоляции Системы относительно корпуса и любыми электрически разобщенными цепями сетевого напряжения должно быть не менее 20,0 МОм.

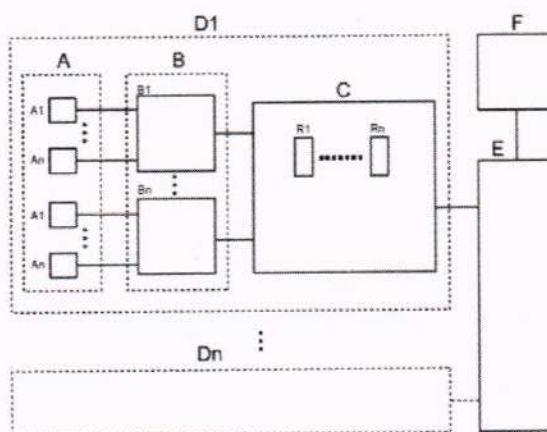
Минимальное значение сопротивления изоляции любой электрически независимой токоведущей части цепи с номинальным напряжением 220 В относительно заземляемых металлических частей в оборудовании должно быть не менее 1,0 МОм.

Минимальное значение сопротивления изоляции любой электрически независимой токоведущей части цепи с напряжением менее 220 В относительно заземляемых металлических частей в оборудовании должно быть не менее 0,5 МОм.

9.3 Опробование

При проведении опробования должна быть установлена работоспособность Системы.

Опробование Системы проводится отдельно для каждого измерительного канала, согласно общей функциональной схеме Системы, в соответствии с рисунком 1.



- A - датчики;
- B - коробки соединительные;
- C - шкафы, стойки;
- R - модули измерительные;
- D - подсистемы вибрационного контроля;
- E - телекоммуникационное и серверное оборудование;
- F - АРМ оператора.

Рисунок 1 - Структурная схема Системы.

9.3.1 Опробование канала измерения СКЗ виброскорости.

Для опробования канала измерения СКЗ виброскорости установить поверяемый датчик на виброустановке в соответствии с рисунком А.1 Приложения А. Создавая виброустановкой уровень СКЗ виброскорости, убедиться в наличии и изменении показаний цифрового индикатора модуля измерительного, АРМ оператора, выходного унифицированного сигнала, опробовать работу канала измерения СКЗ виброскорости.

9.3.2 Опробование канала измерения размаха относительного виброперемещения.

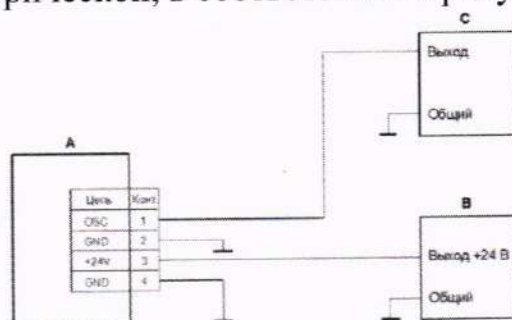
Для опробования канала измерения размаха относительного виброперемещения установить поверяемый датчик на виброустановке в соответствии с рисунком А.2 Приложения А. Опробование канала измерения размаха относительного виброперемещения проводится по методике пункта 9.3.1, где опробуемой величиной является размах относительного виброперемещения.

9.3.3 Опробование канала измерения смещения.

Для опробования канала измерения смещения установить датчик поверяемого канала измерения на стенд СП10 в соответствии с рисунком А.3 Приложения А. Задавая на стенде СП10 смещение, убедиться в наличии и изменении показаний АРМ оператора, опробовать работу канала измерения смещения.

9.3.4 Опробование канала измерения частоты вращения.

Опробование канала измерения частоты вращения с вихретоковым первичным преобразователем (далее - датчиком) осуществляется с применением приспособления СП50. Для опробования канала измерения частоты вращения при помощи приспособления СП50 установить на выходе генератора сигнал с амплитудой прямоугольных импульсов плюс 1,5 В («меандр») с частотой 100 % верхнего значения диапазона измерения. Постоянная составляющая смещения сигнала генератора должна быть не менее плюс 0,5 В. Приспособление СП50 подключить к генератору и источнику питания по схеме электрической, в соответствии с рисунком 2.



А - приспособление СП50;

В - стабилизированный источник питания +24 В;

С - генератор сигналов.

Рисунок 2 - Схема подключения приспособления СП50

Установить датчик в приспособлении СП50 до упора. Закрепить датчик стопорным винтом.

Задавая на генераторе изменение частоты убедиться в наличии и изменении показаний цифрового индикатора модуля измерительного, АРМ оператора, выходного унифицированного сигнала и опробовать работу канала измерения частоты вращения.

Система считается прошедшей поверку по данному пункту методики, если подтверждена его работоспособность, сопротивление изоляции Системы относительно корпуса и любыми электрически разобщенными цепями сетевого напряжения составляет не менее 20,0 МОм, сопротивления изоляции любой электрически независимой токоведущей части цепи с номинальным напряжением 220 В относительно заземляемых металлических частей в оборудовании составляет не менее 1,0 МОм, сопротивления изоляции любой электрически независимой токоведущей части цепи с напряжением менее 220 В относительно заземляемых металлических частей в оборудовании составляет не менее 0,5 МОм.

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.

10.1 Определение метрологических характеристик канала измерений СКЗ виброскорости.

10.1.1 Определение допускаемой основной относительной погрешности канала измерений основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости на базовой частоте для цифрового индикатора модуля измерительного и АРМ оператора.

Установить первичный преобразователь (датчик) на виброустановку в соответствии с рисунком А.1 Приложения А.

На виброустановке на базовой частоте канала измерений задать не менее пяти значений СКЗ виброскорости, равномерно распределённых по диапазону измерений СКЗ виброскорости канала измерений. Одно из устанавливаемых значений СКЗ виброскорости должно быть равно максимальному значению диапазона измерения СКЗ виброскорости, другое – минимальному значению диапазона измерений СКЗ виброскорости. Рекомендуемый ряд значений основной составляющей СКЗ виброскорости: нижняя граница диапазона измерений; 12,5 %; 25 %; 50 %; 75 %; 100 % верхнего предела диапазона измерений СКЗ виброскорости. Рекомендуемый ряд значений низкочастотной составляющей СКЗ виброскорости: нижняя граница диапазона измерений; 20 %; 40 %; 60 %; 80 %; 100 % верхнего предела диапазона измерений СКЗ виброскорости. По цифровому индикатору модуля измерительного, АРМ оператора зафиксировать значения поверяемой величины.

Определить допускаемую основную относительную погрешность канала измерений основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости для цифрового индикатора модуля измерительного и АРМ оператора по формуле:

$$\delta_{ip} = \frac{V_p - V_i}{V_i} \cdot 100 \% \quad (1)$$

где V_p – значение СКЗ виброскорости по цифровому индикатору модуля измерительного и АРМ оператора, мм/с;

V_i – значение СКЗ виброскорости по виброустановке или рабочему эталону, мм/с.

Система считается прошедшей поверку по данному пункту методики поверки, если полученные значения всех подлежащих поверке каналов измерений основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости для цифрового индикатора модуля измерительного и АРМ оператора не превышают $\pm(5,0 + 0,05 \cdot (V_g/V_{изм})) \% ^1$.

10.1.2 Определение допускаемой основной приведённой к диапазону погрешности канала измерений основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости на базовой частоте для выходного унифицированного сигнала.

Установить первичный преобразователь (датчик) на виброустановку в соответствии с рисунком А.1 Приложения А.

На виброустановку на базовой частоте канала измерений задать не менее пяти значений СКЗ виброскорости, равномерно распределённых по диапазону измерений СКЗ виброскорости канала измерений. Одно из устанавливаемых значений СКЗ виброскорости должно быть равно максимальному значению диапазона измерений СКЗ виброскорости, другое – минимальному значению диапазона измерений СКЗ виброскорости. Рекомендуемый ряд значений основной составляющей СКЗ виброскорости: нижняя граница диапазона измерений; 12,5 %; 25 %; 50 %; 75 %; 100 % верхнего предела диапазона измерений СКЗ виброскорости. Рекомендуемый ряд значений низкочастотной составляющей СКЗ виброскорости: нижняя граница диапазона измерений; 20 %; 40 %; 60 %; 80 %; 100 % верхнего предела диапазона измерений СКЗ виброскорости. По миллиамперметру зафиксировать значения постоянного тока на выходном унифицированном выходе.

Определить допускаемую основную приведённую к диапазону погрешность канала измерений основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости для выходного унифицированного сигнала по формуле:

$$\delta_{vy} = \frac{\frac{I_i - I_0}{K_p} - (V_i - V_{op})}{V_D - V_{op}} \cdot 100\% \quad (2)$$

где I_i – значение выходного унифицированного сигнала для значения V_i , мА;
 I_0 – начальное значение выходного унифицированного сигнала, мА;
 K_p – номинальное значение коэффициента преобразования, мА/(мм/с);
 V_i – значение СКЗ виброскорости по виброустановке или рабочему эталону, мм/с;

¹ V_g – верхнее значение диапазона измерений СКЗ виброскорости, мм/с;
 $V_{изм}$ – измеренное значение СКЗ виброскорости, мм/с

V_{op} – нижний предел диапазона измерений значение СКЗ виброскорости, мм/с (0 мм/с);

V_D – верхний предел диапазона измерений СКЗ виброскорости, мм/с.

Номинальное значение коэффициента преобразования определяется по

формуле:
$$K_p = \frac{16}{V_D - V_{op}}, \text{ мА/(мм/с)} \quad (3)$$

Система считается прошедшей поверку по данному пункту методики поверки, если полученные значения всех подлежащих поверке каналов измерений основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости для выходного унифицированного сигнала не превышают $\pm 5,5 \%$.

10.1.3 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) канала измерения основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости для цифрового индикатора модуля измерительного, АРМ оператора и выходного унифицированного сигнала.

Установить первичный преобразователь (датчик) на виброустановку в соответствии с рисунком А.1 Приложения А.

На виброустановке воспроизвести колебания с частотой и значением СКЗ виброскорости в соответствии с таблицами 4, 5. По цифровому индикатору модуля измерительного, АРМ оператора и выходному унифицированному сигналу контролировать значения поверяемой величины.

Таблица 4 - Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) канала измерения основной составляющей СКЗ виброскорости для цифрового индикатора модуля измерительного, АРМ оператора и выходного унифицированного сигнала.

	Частота колебаний вибростенда, Гц ¹⁾									
	10	20	40	80	160	315	500	630	800	1000
Значение СКЗ виброскорости по виброустановке ²⁾ , мм/с **	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Показания цифрового индикатора модуля измерительного для основной составляющей СКЗ виброскорости ³⁾ , мм/с										
Показания АРМ оператора для основной составляющей СКЗ виброскорости ³⁾ , мм/с										
Показания выходного унифицированного сигнала для основной составляющей СКЗ виброскорости ³⁾ , мА										

1) Значения частот колебаний виброустановки выбираются исходя из диапазона частот измерений изделия.
2) Допускается установка других значений в зависимости от технических характеристик виброустановки.
3) Показания для частотного диапазона от 10 Гц до 1000 Гц.

Таблица 5 - Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) канала измерения низкочастотной составляющей СКЗ виброскорости для цифрового индикатора модуля измерительного, АРМ оператора и выходного унифицированного сигнала.

	Частота колебаний вибростенда, Гц ¹⁾				
	10	12,5	16	20	25
Значение СКЗ виброскорости по виброустановке ²⁾ , мм/с **	10	10	10	10	10
Показания цифрового индикатора модуля измерительного для низкочастотной составляющей СКЗ виброскорости 3), мм/с					
Показания АРМ оператора для низкочастотной составляющей СКЗ виброскорости 3), мм/с					
Показания выходного унифицированного сигнала для низкочастотной составляющей СКЗ виброскорости 3), мА					

1) Значения частот колебаний виброустановки выбираются исходя из диапазона частот измерений изделия.
 2) Допускается установка других значений в зависимости от технических характеристик виброустановки.
 3) Показания для частотного диапазона от 10 Гц до 25 Гц (за исключением осевой составляющей вибрации).

Определить неравномерность АЧХ канала измерений основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости для цифрового индикатора и АРМ оператора в соответствии с формулой:

$$\delta_{ipf} = \frac{\frac{V_{ef}}{V_{ef}} \cdot V_i - V_{ef}}{V_{ef}} \cdot 100\% \quad (4)$$

где:

V_{ef} - значение СКЗ виброскорости виброустановке на базовой частоте, мм/с;

V_{ef} - значение СКЗ виброскорости виброустановке на текущей частоте мм/с;

V_i - значение СКЗ виброскорости по цифровому индикатору модуля измерительного и АРМ оператора на текущей частоте, мм/с;

V_{ef} - значение СКЗ виброскорости по цифровому индикатору модуля измерительного и АРМ оператора на базовой частоте, мм/с.

Определить неравномерность АЧХ канала измерений основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости для выходного унифицированного сигнала (за исключением осевой составляющей вибрации) в соответствии с формулой:

$$\delta_{of} = \frac{\frac{V_{ef}}{V_{ef}} \cdot (I_i - I_0) - (I_{ef} - I_0)}{I_{ef} - I_0} \cdot 100\% \quad (5)$$

где:

I_i - значение выходного унифицированного сигнала для значения V_i на текущей частоте, мА;

I_0 - начальное значение выходного унифицированного сигнала, мА (4 мА);

I_0 – значение выходного унифицированного сигнала для значения V_i на базовой частоте, мА.

Система считается прошедшей поверку по данному пункту методики поверки, если полученные значения неравномерности амплитудно-частотной характеристики канала измерения основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости всех подлежащих поверке каналов измерений для цифрового индикатора модуля измерительного, АРМ оператора и выходного унифицированного сигнала (за исключением осевой составляющей вибрации) не превышают $\pm 5,0 \%$.

10.2 Определение допускаемой основной относительной погрешности канала измерений размаха относительного виброперемещения на базовой частоте для цифрового индикатора модуля измерительного, АРМ оператора и выходного унифицированного сигнала.

10.2.1 Определение допускаемой основной относительной погрешности канала измерений размаха относительного виброперемещения на базовой частоте для цифрового индикатора модуля измерительного и АРМ оператора проводится по методике пункта 10.1.1, где входной поверяемой величиной является размах относительного виброперемещения. Установка датчика на виброустановку осуществляется в соответствии с рисунком А.2 Приложения А.

Система считается прошедшей поверку по данному пункту методики, если полученные значения всех подлежащих поверке каналов измерений размаха относительной виброперемещения для цифрового индикатора модуля измерительного и АРМ оператора не превышают $\pm(5,0 + 0,15 \cdot (L_g/L_{изм})) \%^2$.

10.2.2 Определение допускаемой основной приведённой к диапазону погрешности канала измерений размаха относительного виброперемещения на базовой частоте для выходного унифицированного сигнала проводится по методике пункта 10.1.2, где входной поверяемой величиной является размах относительного виброперемещения. Установка датчика на виброустановку осуществляется в соответствии с рисунком А.2 Приложения А.

Система считается прошедшей поверку по данному пункту методики, если полученные значения всех подлежащих поверке каналов измерений размаха относительного виброперемещения для выходного унифицированного сигнала не превышают $\pm 5,5 \%$.

10.2.3 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) канала измерений размаха относительного виброперемещения в диапазоне рабочих частот для цифрового индикатора модуля измерительного, АРМ оператора и выходного унифицированного сигнала.

Собрать электрическую схему в соответствии с рисунком 2.

Установить датчик в приспособление СП50, в соответствии с рисунком А.4 Приложения А до упора.

² L_g – верхнее значение диапазона измерений размаха относительного виброперемещения, мкм;
 $L_{изм}$ – измеренное значение размаха относительного виброперемещения, мкм.

Установить значение смещения по АРМ оператора соответствующее середине диапазона смещения первичного преобразователя (датчика) для применяемого датчика при помощи смещения постоянного напряжения, задаваемого генератором.

Примечание: В случае невозможности установить смещение соответствующее середине диапазона смещения датчика для применяемого первичного преобразователя (датчика) при помощи смещения постоянного напряжения, задаваемого генератором необходимо добиться механического смещения датчика от упора приспособления СП50 таким образом, чтобы с помощью генератора получалось установить, как значение соответствующее середине диапазона смещения датчика, так и значение амплитуды гармонического сигнала, соответствующую 0,8 верхнего предела диапазона измерений размаха относительного виброперемещения датчика ДВТ10 и 0,5 верхнего предела диапазона измерений размаха относительного виброперемещения датчика DS-1. При этом механическое смещение датчика от упора приспособления СП50 должно быть минимально возможным (приблизительно 2 мм).

На выходе генератора, для базовой частоты датчика, установить амплитуду гармонического сигнала, соответствующую 0,8 верхнего предела диапазона измерений размаха относительного виброперемещения датчика ДВТ10 и 0,5 верхнего предела диапазона измерений размаха относительного виброперемещения датчика DS-1. Не изменяя амплитуду сигнала генератора, установить значения частот в соответствии с таблицей 6. По цифровому индикатору модуля измерительного, АРМ оператора и выходному унифицированному сигналу зафиксировать значения поверяемой величины.

Таблица 6 - Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) канала измерений размаха относительного виброперемещения в диапазоне рабочих частот для цифрового индикатора модуля измерительного, АРМ оператора и выходного унифицированного сигнала

Частота колебаний генератора, Гц	5	10	20	40	80	160	315	500
Значение размаха виброперемещения по генератору, мкм*	400	400	400	400	400	400	400	400
Показания цифрового индикатора модуля измерительного, мкм								
Показания АРМ оператора, мкм								
Показания выходного унифицированного сигнала, мА								
* Для канала измерения с датчиками DS-1 исп. 01 значение размаха относительного виброперемещения по генератору устанавливается 250 мкм.								

Определить неравномерность АЧХ в соответствии с формулой (4), где поверяемой величиной является размах относительного виброперемещения.

Система считается прошедшей поверку по данному пункту методики, если полученные значения неравномерности амплитудно-частотной

характеристики канала измерений размаха относительного виброперемещения всех подлежащих поверке каналов измерений для цифрового индикатора модуля измерительного, АРМ оператора и выходного унифицированного сигнала не превышают $\pm 5,0 \%$.

10.3 Определение допускаемой основной приведённой к диапазону погрешности канала измерений смещения для АРМ оператора.

10.3.1 Определение допускаемой основной приведённой к диапазону погрешности измерений смещения для АРМ оператора.

Установить первичный преобразователь (датчик) на стенд СП10 в соответствии с рисунком А.3 Приложения А.

На стенде установить ряд значений смещения, соответствующий 0; 12,5 %; 25 %; 50 %; 75 %; 100 % верхнего предела диапазона измерения смещения. По АРМ оператора зафиксировать значения измеряемой величины.

Определить допускаемую основную приведённую к диапазону погрешность измерений смещения для АРМ оператора по формуле:

$$\delta_{ip} = \frac{L_p - L_i}{L_s - L_n} \cdot 100 \% \quad (6)$$

где L_p – значение смещения по АРМ оператора, мм;

L_i – значение смещения по стенду, мм;

L_s – верхнее предел диапазона измерений смещения, мм;

L_n – нижнее предел диапазона измерений смещения, мм.

Система считается прошедшей поверку по данному пункту методики, если полученные значения допускаемой основной приведённой к диапазону погрешности всех поверяемых каналов измерений смещения для АРМ оператора не превышают $\pm 5,0 \%$.

10.4 Определение погрешности канала измерений частоты вращения.

10.4.1 Определение допускаемой основной абсолютной погрешности измерений частоты вращения.

Собрать электрическую схему в соответствии с рисунком 2.

На выходе генератора установить сигнал с амплитудой прямоугольных импульсов плюс 1,5 В («меандр») с частотой 100 % верхнего значения диапазона измерений. Постоянная составляющая смещения сигнала генератора должна быть не менее плюс 0,5 В. Не изменяя амплитуду сигнала генератора, установить ряд значений частоты вращения, соответствующий нижней границе диапазона измерений; 12,5 %; 25 %; 50 %; 75 %; 100 % верхнего предела диапазона измерений частоты вращения. Частота генератора рассчитывается по формуле:

$$f_i = \frac{F_i \cdot N}{60}, \text{ об/мин} \quad (7)$$

где N – число импульсов за один оборот;

F_i – значение частоты вращения для соответствующего значения частоты генератора, об/мин;

N – число импульсов за один оборот.

По цифровому индикатору модуля измерительного и АРМ оператора зафиксировать значения измеряемой величины.

Определить допускаемую основную абсолютную погрешность канала измерений частоты вращения для цифрового индикатора модуля измерительного и АРМ оператора по формуле:

$$\delta_p = F_p - \frac{60 \cdot f_i}{N}, \text{ об/мин} \quad (8)$$

где F_p – значение частоты вращения по цифровому индикатору модуля измерительного и АРМ оператора, об/мин;

f_i – значение частоты по генератору, Гц;

N – число импульсов за один оборот.

Система считается прошедшей поверку по данному пункту методики, если полученные значения допускаемой основной абсолютной погрешности всех подлежащих поверке каналов измерений частоты вращения для цифрового индикатора и АРМ оператора не превышают $\pm 0,5$ об/мин.

10.4.2 Определение допускаемой основной приведённой к диапазону погрешности канала измерений по выходному унифицированному сигналу канала измерений частоты вращения.

Собрать электрическую схему в соответствии с рисунком 2.

На выходе генератора установить сигнал с амплитудой прямоугольных импульсов плюс 1,5 В («меандр») с частотой 100 % верхнего значения диапазона измерений. Постоянная составляющая смещения сигнала генератора должна быть не менее плюс 0,5 В. Не изменяя амплитуду сигнала генератора, установить ряд значений частоты вращения, соответствующий нижней границе диапазона измерений; 12,5 %; 25 %; 50 %; 75 %; 100 % верхнего предела диапазона измерений частоты вращения. Частота генератора рассчитывается по формуле 7. По выходному унифицированному сигналу зафиксировать значения измеряемой величины.

Определить допускаемую основную приведённую к диапазону погрешность канала измерений частоты вращения для выходного унифицированного сигнала по формуле:

$$\delta_y = \frac{N \cdot \left(\frac{I_i - I_0}{K_p} - \frac{60 \cdot f_i}{N} \right)}{F_D} \cdot 100\% \quad (9)$$

где I_i – значение выходного унифицированного сигнала для значения f_i , мА;

I_0 – начальное значение выходного унифицированного сигнала, мА (4 мА);

K_p – номинальное значение коэффициента преобразования, мА/(об/мин);

f_i – значение частоты по генератору, Гц;

F_D – верхний предел диапазона измерений частоты вращения, об/мин.

Номинальное значение коэффициента преобразования определяется по формуле:

$$K_p = \frac{16}{F_D}, \text{ мА/(об/мин)} \quad (10)$$

Система считается прошедшей поверку по данному пункту методики, если полученные значения допускаемой основной приведённой к диапазону погрешности всех подлежащих поверке каналов измерений частоты вращения для выходного унифицированного сигнала не превышают $\pm 0,5 \%$.

10.5. Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям.

Система подтверждает соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, если:

- пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости по цифровому индикатору и АРМ оператора на базовой частоте не превышают $\pm(5,0 + 0,05 \cdot (V_g/V_{изм})) \%$ ³;

- пределы допускаемой основной приведённой к диапазону погрешности измерений основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости по выходному унифицированному сигналу не превышают $\pm 5,5 \%$;

- неравномерность АЧХ в диапазоне рабочих частот канала измерений основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости всех подлежащих поверке каналов измерений для цифрового индикатора модуля измерительного, АРМ оператора и выходного унифицированного сигнала (за исключением осевой составляющей вибрации) не превышает $\pm 5,0 \%$;

- значения всех подлежащих поверке каналов измерений размаха относительной виброперемещения для цифрового индикатора модуля измерительного и АРМ оператора не превышают $\pm(5,0 + 0,15 \cdot (L_g/L_{изм})) \%$ ⁴;

- пределы допускаемой основной приведённой к диапазону погрешности измерений размаха относительного виброперемещения по выходному унифицированному сигналу не превышают $\pm 5,5 \%$;

- неравномерность АЧХ в диапазоне рабочих частот канала измерений размаха относительного виброперемещения всех подлежащих поверке каналов измерений для цифрового индикатора модуля измерительного, АРМ оператора и выходного унифицированного сигнала не превышают $\pm 5,0 \%$;

- пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений частоты вращения по цифровому индикатору и АРМ оператора не превышают $\pm 0,5$ об/мин;

- пределы допускаемой основной приведённой к диапазону погрешности измерений частоты вращения по выходному унифицированному сигналу не превышают $\pm 0,5 \%$.

Если данные требования не выполняются, Система признается непригодной к применению.

³) V_g – верхнее значение диапазона измерений СКЗ виброскорости, мм/с;

$V_{изм}$ – измеренное значение СКЗ виброскорости, мм/с.

⁴) L_g – верхнее значение размаха относительного виброперемещения, мкм;

$L_{изм}$ – измеренное значение размаха относительного виброперемещения, мкм.

11. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.

11.1. При положительных результатах поверки Систему признают пригодной к применению и оформляют результаты поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 или в соответствии с порядком, действующим на момент проведения поверки или действующими на момент проведения поверки нормативными правовыми актами в области обеспечения единства измерений.

11.2. При отрицательных результатах поверки Систему признают непригодной к применению и оформляют результаты в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 или действующими на момент проведения поверки нормативными правовыми актами в области обеспечения единства измерений.

11.3 Сведения о результатах и объеме проведенной поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Приказом Минпромторга России от 28.08.2020 г. № 2906 «Об утверждении порядка создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений».

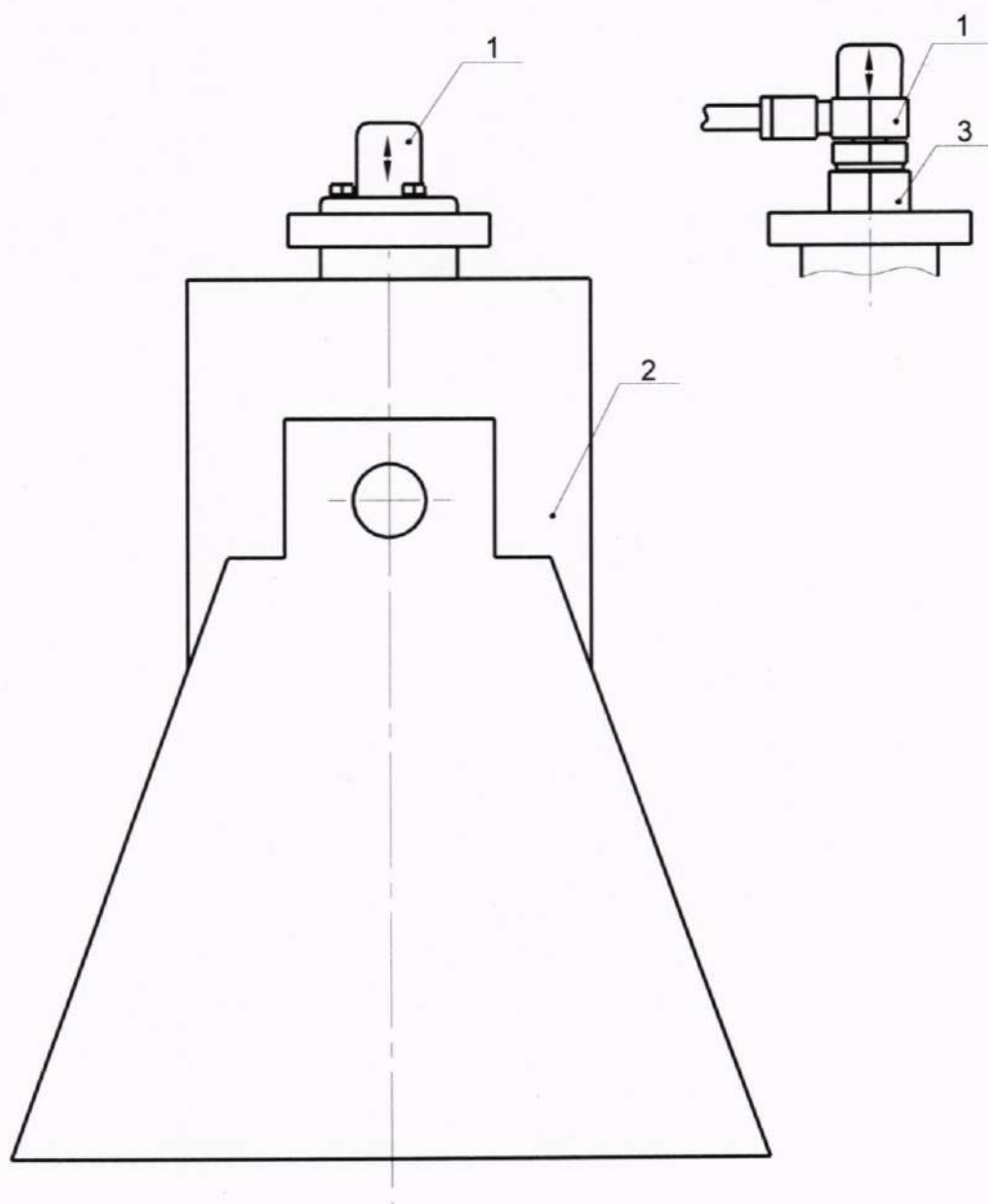
Ведущий инженер
ФБУ «Ростовский ЦСМ»



Волков Ю.В.

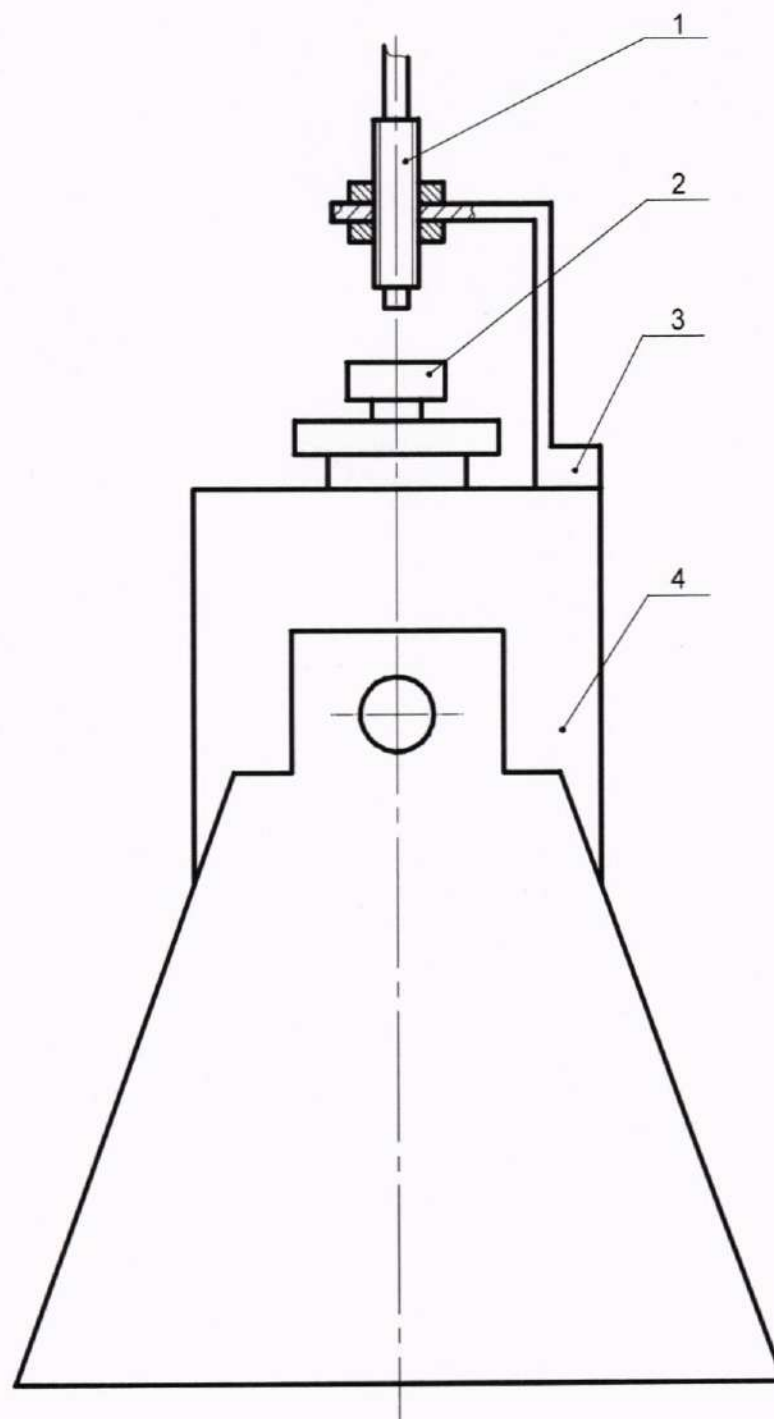
ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Установка первичных преобразователей (датчиков) на стендах
и в приспособлении



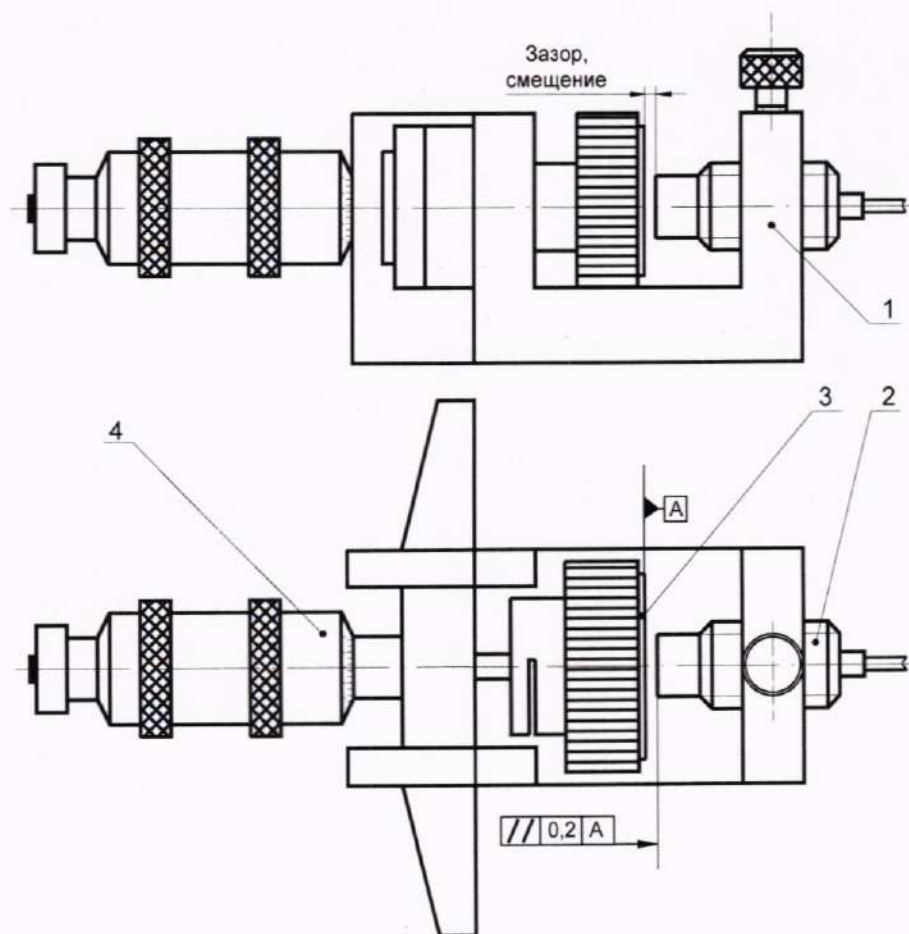
- 1 - Датчик пьезоэлектрический канала измерения амплитуды виброускорения и СКЗ виброскорости;
- 2 - Виброустановка;
- 3 - Втулка переходная 9.000.79-01 (допускается применение других металлических втулок).

Рисунок А.1 - Установка датчика пьезоэлектрического канала измерения амплитуды виброускорения и СКЗ виброскорости на виброустановке



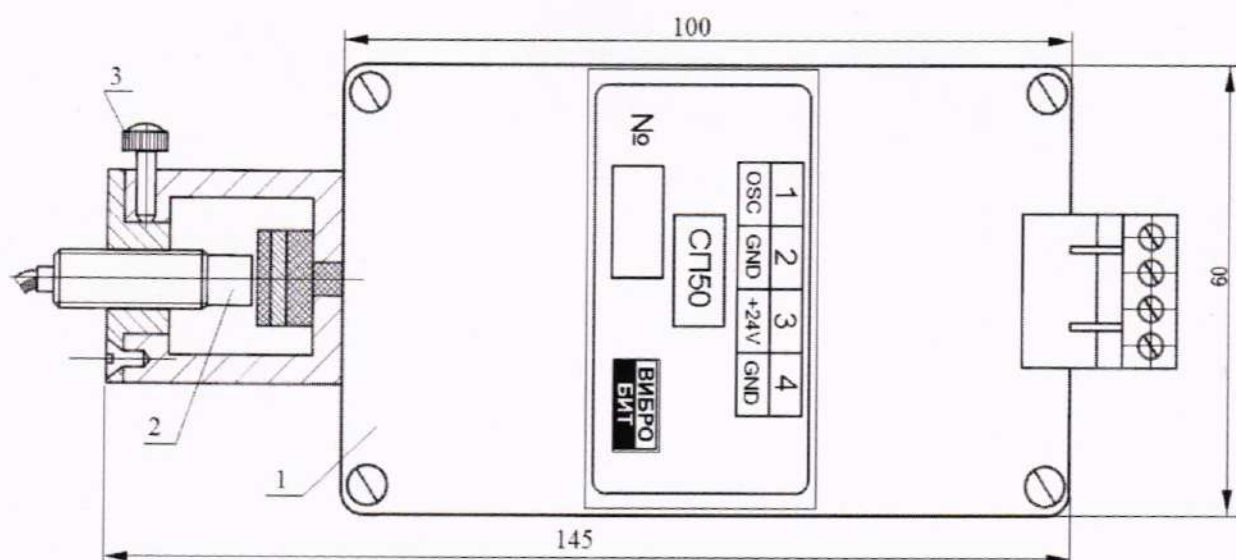
- 1 - Датчик вихретоковый канала измерения размаха относительного виброперемещения;
- 2 - Контрольный образец;
- 3 - Кронштейн 9.197.00.06;
- 4 - Виброустановка.

Рисунок А.2 - Установка датчика вихретокового канала измерения размаха относительного виброперемещения на виброустановке



- 1 - Стенд СП10;
- 2 - Датчик вихретоковый канала измерения смещения;
- 3 - Контрольный образец;
- 4 - Головка измерительная цифровая S_Dial WORK.

Рисунок А.3 - Установка датчика вихретокового канала измерения смещения на стенде СП10



- 1 - Приспособление СП50;
- 2 - Датчик;
- 3 - Стопорный винт.

Рисунок А.4 - Установка вихретокового датчика в приспособление СП50