

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»  
(ФГБУ «ВНИИМС»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора  
по производственной метрологии  
ФГБУ «ВНИИМС»



А.Е. Коломин  
М.П.  
« 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений  
ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ВИБРАЦИИ КАСКАД-СИСТЕМА  
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 204/3-10-2022

г. Москва  
2022 г.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ВИБРАЦИИ КАСКАД-СИСТЕМА  
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ  
МП 204/3-10-2022

**Общие положения**

Настоящая методика распространяется на приборы для измерения и контроля вибрации КАСКАД-СИСТЕМА (далее - приборы), изготовленные ООО «ВиКонт», г. Москва и устанавливает методику первичной и периодической поверок.

Приборы для измерения и контроля вибрации КАСКАД-СИСТЕМА (далее - приборы) предназначены для измерений характеристик вибрации (виброускорение, виброскорость, виброперемещение) узлов и частей промышленного оборудования. Приборы могут также применяться для вибрационных исследований и входить в состав систем вибродиагностики электрических станций, нефтеперекачивающих и газокompрессорных станций и других промышленных объектов.

Приборы состоят из одноканальных вторичных блоков и подключаемых к ним вибропреобразователей.

Вторичные блоки выпускаются в трех модификациях ВК-320В, ВК-320Д и Каскад ВК-321Д, которые отличаются конструктивным исполнением, наличием или отсутствием средств контроля заданных уставок, цифровой и линейно-дискретной индикации результатов измерения, контроля функционирования и регулирования. Вторичные блоки обеспечивают измерение уровня вибрации и контроль превышения установленных предупредительного и аварийного уровней вибрации (далее - уставок) по сигналу от вибропреобразователя. Вторичные блоки могут иметь выходы по переменному напряжению от 0 до 10 В, постоянному току от 4 до 20 мА. В зависимости от измеряемой характеристики вторичные блоки выпускаются в стандартном исполнении для измерений среднего квадратического значения (СКЗ) виброскорости, в исполнении М для измерений амплитуды виброускорения и в исполнении S для измерений размаха виброперемещения.

Вторичные блоки выпускаются для различных рабочих диапазонов температур эксплуатации, для идентификации допустимого рабочего диапазона температур эксплуатации конкретного исполнения прибора к основному наименованию модели добавляется атрибут Т1 или Т2, см. таблицу 3. Стандартное исполнение приборов дополнительных индексов в наименовании не имеет.

В составе приборов используются вибропреобразователи пьезоэлектрические с предусилителями ВК-310 (рег. № 85778-22), вибропреобразователи серии ВК-310 (рег. № 78207-20), вибропреобразователи скорости серии ВК-310 (рег. № 77663-20), акселерометры серий 333, 351, 352, 353, и 393 (рег. № 76059-19), акселерометры пьезоэлектрические моделей 355В02, 355В03, 355В04, 355В12, 355В33, 355А40 (рег. № 49217-12), преобразователи пьезоэлектрические серии 600 (рег. № 79955-20), преобразователи виброперемещений ИВП (рег. № 75735-19).

Приборы, в состав которых входят вторичные блоки ВК-320В и ВК-321Д могут выпускаться во взрывозащищенном исполнении и применяться во взрывоопасных зонах согласно Ех маркировки. Для идентификации приборов взрывозащищенного исполнения на их лицевую панель и в паспорт дополнительно наносится Ех маркировка.

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод прямых измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2018 г. № 2772.

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 2-го разряда 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 первичной и периодической поверок на меньшем поддиапазоне амплитуд и частот.

Интервал между поверками - 2 года.

## 1. Перечень операций поверки средства измерений.

1.1 При проведении первичной и периодической поверок приборов выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта	Проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
1	2	3	4
Внешний осмотр	6	да	да
Подготовка к проведению поверки и опробование средства измерения	7	да	да
Определение действительного значения коэффициента преобразования для выходов по переменному напряжению и постоянному току	8.1	да	да
Определение нелинейности амплитудной характеристики по аналоговым выходам и отклонения коэффициента преобразования от номинальных значений	8.2	да	да
Определение приведенной к верхнему пределу диапазона измерений погрешности по цифровому индикатору на базовой частоте 80 Гц*	8.3	да	да
Определение неравномерности АЧХ по аналоговым и цифровому выходу	8.4	да	да
Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям	9	да	да
Оформление результатов поверки	10	да	да
* для модификации ВК-321Д			

1.2 При получении отрицательного результата какой-либо операции поверки дальнейшая поверка не проводится, и результаты оформляются в соответствии с п. 10.2.

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

2.1. При проведении поверки необходимо применять основные средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
5.1	Средство измерений температуры от -10 °С до +60 °С с погрешностью не более $\pm 1$ °С; Диапазоны: измерения температуры от -10 до +60 °С, ПГ $\pm 0,4$ °С; измерения относительной влажности от 10 до 95 %, ПГ $\pm 3$ %; измерения абсолютного давления от 300 до 1200 гПа, ПГ $\pm 5$ гПа	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
8.1-8.4	Поверочная виброустановка 2-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772	Установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155 (рег. № 68875-17)
8.1-8.2; 8.4	Средство измерений силы постоянного тока до 30 мА с погрешностью не более $\pm 0,1$ % Средство измерений напряжения переменного тока до 15 В с погрешностью не более $\pm 0,1$ % в диапазоне частот от 0,7 до 15000 Гц	Мультиметр цифровой Agilent 34411A (33921-07)

2.2. Допускается применять другие средства поверки, не приведенные в перечне, но обеспечивающие определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

## 3. Требования к специалистам, осуществляющим поверку.

3.1. К поверке допускаются лица, имеющие необходимые навыки по работе с подобными СИ и ознакомленные с эксплуатационной документацией.

## 4. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.

4.1. При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, установленные ГОСТ 12.1.019-2017, ГОСТ 12.2.091-2012 и эксплуатационной документацией фирмы-изготовителя.

## 5. Требования к условиям проведения поверки.

5.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С  $20 \pm 5$
- относительная влажность окружающего воздуха, %  $60 \pm 20$
- атмосферное давление, кПа  $101 \pm 4$

## 6. Внешний осмотр.

6.1. При внешнем осмотре устанавливают соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа, комплектности и маркировки, а также отсутствие механических повреждений корпусов, соединительных кабелей и разъемов.

6.2. В случае несоответствия хотя бы одному из выше указанных требований, прибор считается непригодным к применению, поверка не производится до устранения выявленных замечаний.

## 7. Подготовка к проведению поверки и опробование средства измерения.

8.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- поверяемые приборы должны быть распакованы и выдержаны в условиях, указанных в п.4 в течении не менее 4 часов.

- подготовить средства поверки и вспомогательное оборудование, применяемые при поверке, в соответствии с их эксплуатационной документацией.

- подключить выход вибропреобразователя ко входу вторичного блока.

- подключить контрольные средства измерений согласно схеме, приведенной в приложении 1.

Подключить поверяемый прибор и контрольные средства измерения к питающей сети и включить их. При необходимости перевести поверяемый прибор в режим поверки, вернуть заводские установки если они были изменены в процессе эксплуатации. Выдержать аппаратуру включенной в течение времени, необходимого для получения термостабильных показаний.

8.2 Перед поверкой необходимо произвести опробование.

Для опробования необходимо выполнить следующие операции:

- собрать поверочную схему согласно рис. 1;

- установить вибропреобразователь на столе виброустановки;

- включить источники питания виброустановки и прибора. Создавая вибрацию стола виброустановки, проконтролировать уровень вибрации по показаниям прибора.

Подключить контрольные средства измерений согласно схеме, приведенной в приложении 1. Включить виброустановку, поверяемый прибор и контрольные средства измерения и выдержать их во включенном положении в течение не менее 45 мин.

Синхронное изменение показаний прибора при изменении параметров вибрации, задаваемых виброустановкой, свидетельствует о работоспособности прибора.

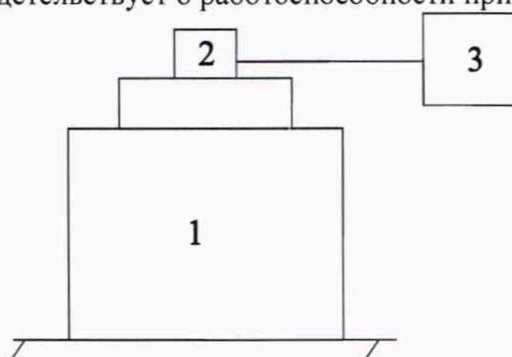


Рис.1 Схема поверки прибора КАСКАД-СИСТЕМА

1 – поверочная виброустановка (2-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772);

2 – вибропреобразователь;

3 – вторичный блок измерения и индикации (включая монитор).

## 8. Определение метрологических характеристик средства измерений.

8.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования для выхода по переменному напряжению и постоянному току.

За базовую принимается базовая частота подключаемого вибропреобразователя.

Задать на поверочной виброустановке на базовой частоте не менее шести значений (виброскорости, виброускорения, виброперемещения), в зависимости от того на какой параметр измерений настроен прибор, равномерно расположенных в диапазоне измерений включая верхний и 5% от нижнего предела измерений.

Последовательно, для каждой контрольной точки и зарегистрировать величины напряжения и (или) тока аналоговых выходов прибора.

Расчет значений коэффициентов преобразования осуществляется по формулам:

- для выхода постоянного тока:

$$K_{\text{пр}} = \frac{I_{\text{вых.}i} - I_0}{D_{0i}}, \text{ мА/(мм} \cdot \text{с}^{-1}), (\text{мА}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2}), \text{ мА/мкм}) \quad (8.1.1)$$

где:  $I_0$  – величины тока покоя прибора.

- для выхода напряжения переменного тока:

$$K_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{вых.}i}}{D_{0i}}, \text{ мВ/(мм} \cdot \text{с}^{-1}), (\text{мВ}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2}), \text{ мВ/мкм}) \quad (8.1.2)$$

где:  $K_{\text{пр}}$ , - коэффициент преобразования аналогового выхода по постоянному току и по напряжению переменного тока, соответственно;

$i$  – номер контрольной точки;

$I_{\text{вых}i}$ ,  $U_{\text{вых}i}$  - измеренные значения выходных токов и напряжений в каждой контрольной точке, соответственно;

$D_{0i}$ ,  $I_0$  - значение виброскорости (виброускорения, виброперемещения), заданное в контрольной точке и значение величины тока покоя прибора, соответственно.

8.2 Определение нелинейности амплитудной характеристики по аналоговым выходам по переменному напряжению и постоянному току и отклонения коэффициента преобразования от номинальных значений.

Расчет значений нелинейности амплитудной характеристики аналоговых выходов (по току и напряжению) выполняют по формулам:

$$\overline{K}_{\text{пр.}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} K_{\text{пр.}i}; \quad (8.2.1)$$

$$\delta_{\text{ai}} = \frac{K_{\text{пр.}i} - \overline{K}_{\text{пр.}}}{\overline{K}_{\text{пр.}}} 100, (\%) \quad (8.2.2)$$

где:  $\overline{K}_{\text{пр.}}$  - среднее арифметическое значение коэффициента преобразования в диапазоне значений измеряемого параметра (виброскорости, виброускорения, виброперемещения) по каждому из аналоговых выходов;

$\delta_{\text{ai}}$  – отклонение коэффициента преобразования от среднего значения в диапазоне измерения по каждому из аналоговых выходов, %.

В качестве значения нелинейности АХ прибора по аналоговым выходам принимаются максимальные значения  $\delta_{\text{ai}}$  по каждому из выходов.

Расчет отклонения действительных значений коэффициентов преобразования от номинальных значений для каждого из аналоговых выходов выполнить по формуле:

$$\delta_{K_{\text{пр}}} = \frac{K_{\text{пр.ном}} - \bar{K}_{\text{пр.}}}{K_{\text{пр.ном}}} * 100 (\%) \quad (8.2.3)$$

где:

$\delta_{K_{\text{пр}}}$  - отклонение значения коэффициента преобразования от номинального значения;

$K_{\text{пр.ном}}$  - номинальное значение коэффициента преобразования;

$\bar{K}_{\text{пр.}}$  - среднее арифметическое значение действительного коэффициента преобразования.

8.3 Определение приведенной к верхнему пределу диапазона измерений погрешности по цифровому индикатору на базовой частоте.

За базовую принимается базовая частота подключаемого вибропреобразователя.

Задать на поверочной виброустановке на базовой частоте не менее шести значений (виброскорости, виброускорения, виброперемещения), в зависимости от того на какой параметр измерений настроен прибор, равномерно расположенных в диапазоне измерений включая верхний и нижний предел измерений.

Для расчета текущих значений приведенной погрешности цифрового индикатора и монитора используют формулу:

$$\delta_i = \frac{(D_{\text{изм.}} - D_{\text{зад}})}{D_{\text{в.пр.}}} * 100 (\%) \quad (8.3.1)$$

где:

$D_{\text{зад}}$  - задаваемое значение вибрации на поверочной установке, мм/с ( $\text{м/с}^2$ , мкм);

$D_{\text{изм.}}$  - измеренное значение вибрации, отсчитываемые по цифровому индикатору прибора и монитору, соответственно, мм/с ( $\text{м/с}^2$ , мкм);

$D_{\text{в.пр.}}$  - верхний предел измерения шкалы прибора, мм/с ( $\text{м/с}^2$ , мкм).

За значение основной приведенной погрешности прибора  $\delta_{\text{max}}$  (по цифровому индикатору и монитору, соответственно) принимают максимальное из значений  $\delta_i$ , %;

8.4 Определение неравномерности АЧХ по аналоговым и цифровому выходу

Проверка характеристик прибора в рабочем частотном диапазоне проводится при постоянном значении виброскорости (виброускорения, виброперемещения), в зависимости от того на какой параметр измерений настроен прибор, которое выбирается равным приблизительно середине диапазона измерений прибора. Если виброустановка не позволяет поддерживать постоянное значение виброскорости (виброускорения, виброперемещения) во всем частотном диапазоне работы прибора, допускается изменять величину виброскорости (виброускорения, виброперемещения) в зависимости от задаваемой частоты вибрации.

При проверке характеристик в качестве контрольных следует выбирать точки, равномерно распределенные по частотному диапазону, не менее 11-ти включая начало и конец диапазона.

Установить на вибростоле колебания с заданным значением виброскорости (виброускорения, виброперемещения).

Последовательно, для каждой контрольной точки задать колебания с частотой и величиной виброскорости (виброускорения, виброперемещения), соответствующей значениям контрольных точек, и зарегистрировать величины напряжения и тока аналоговых выходов прибора, а так же показания цифрового индикатора и монитора.

Для полученных значений измеренных величин в каждой контрольной точке выполнить расчеты по приведенным ниже формулам.

Величина неравномерности амплитудно-частотной характеристики ( $\gamma_i$ ) вычисляется по формуле:



$$\gamma_i = \frac{(K_{np.f_i} - K_{np.баз.})}{K_{np.баз.}} 100, (\%) \quad (8.4.1)$$

$$\gamma_i = 20 * \log \frac{K_{np. f_i}}{K_{np.баз}} \text{ (дБ)} \quad (8.4.2)$$

где:  $K_{np.f_i}$  – коэффициент преобразования в частотном диапазоне при  $i$ -ом значении частоты, вычисляемый по формулам 8.1.1 – 8.1.2 для  $K_{np}$

$K_{np.баз.}$  – значения коэффициентов на базовой частоте подключаемого датчика.

В качестве значения неравномерности АЧХ прибора принимается максимальное значение  $\gamma_i$  по каждому из выходов.

Значение неравномерности АЧХ прибора по цифровому индикатору и/или монитору рассчитывается по формулам:

$$\gamma_i = \frac{(D_{изм.i} - D_{изм.баз.})}{D_{изм.баз.}} * 100, (\%) \quad (8.4.3)$$

$$\gamma_i = 20 * \log \frac{D_{изм. i}}{D_{изм.баз}} \text{ (дБ)} \quad (8.4.4)$$

где:  $D_{изм. i}$  – значение виброскорости (виброускорения, виброперемещения) измеренное прибором по цифровому индикатору и монитору, соответственно, в  $i$ -ой контрольной точке, мм/с ( $\text{м/с}^2$ , мкм);

$D_{изм.баз.}$  – значение виброскорости (виброускорения, виброперемещения), измеренной на базовой частоте, мм/с ( $\text{м/с}^2$ , мкм).

### 9. Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям

Прибор считается пригодным к применению (соответствующим метрологическим требованиям) если он соответствует требованиям каждого пункта данной методики поверки: значения отклонения коэффициента преобразования от номинального значения не превышают  $\pm 5\%$ , значения нелинейности амплитудной характеристики не превышают  $\pm 7\%$  в диапазоне от нижнего предела диапазона измерений до 0,1 верхнего предела диапазона измерений включ. и  $\pm 3\%$  в диапазоне св. 0,1 до 1,0 верхнего предела диапазона измерений и значения неравномерности АЧХ не превышают  $\pm 10\%$  в диапазоне от  $2,5 \cdot F_n$  (нижнего предела диапазона рабочих частот) до  $0,75 \cdot F_v$  (верхнего предела диапазона рабочих частот) и  $\pm 3$  дБ в диапазоне рабочих частот.

### 9. Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям

Прибор считается пригодным к применению (соответствующим метрологическим требованиям) если он соответствует требованиям каждого пункта данной методики поверки: значения отклонения коэффициента преобразования от номинального значения не превышают  $\pm 5\%$ , значения нелинейности амплитудной характеристики не превышают  $\pm 7\%$  в диапазоне от нижнего предела диапазона измерений до 0,1 верхнего предела диапазона измерений включ. и  $\pm 3\%$  в диапазоне св. 0,1 до 1,0 верхнего предела диапазона измерений и значения неравномерности АЧХ не превышают  $\pm 10\%$  в диапазоне от  $2,5 \cdot F_n$  (нижнего предела диапазона рабочих частот) до  $0,75 \cdot F_v$  (верхнего предела диапазона рабочих частот) и  $\pm 3$  дБ в диапазоне рабочих частот.

### 10. Оформление результатов поверки

10.1. Прибор, прошедший поверку с положительным результатом, признается пригодным и допускается к применению.

Результаты поверки прибора передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений.

10.2. При отрицательных результатах поверки в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ на прибор оформляется извещение о непригодности к применению.

10.3. Протокол поверки оформляется в произвольном виде.

Зам. начальника отдела 204  
ФГБУ «ВНИИМС»

  
В.П. Кывыржик

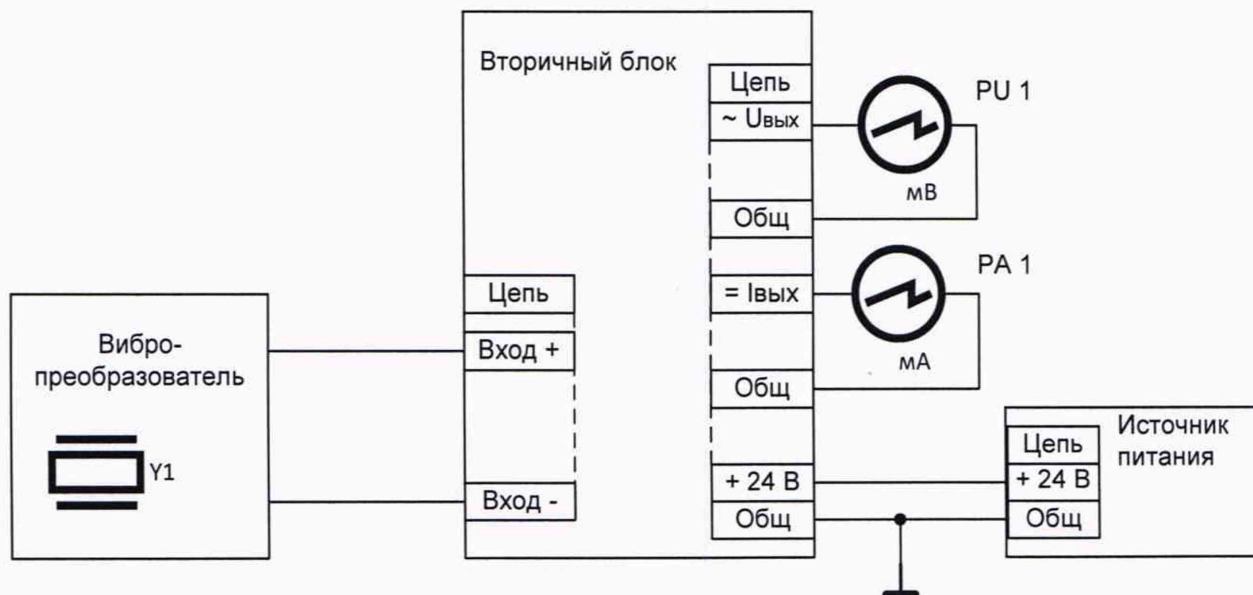
Начальник лаборатории 204/3  
ФГБУ «ВНИИМС»

  
А.Г. Волченко

Инженер 1 категории лаборатории 204/3  
ФГБУ «ВНИИМС»

  
Д.В. Матвеев

Схемы подключения контрольных средства измерений при проведении поверки приборов для измерения и контроля вибрации КАСКАД-СИСТЕМА.



где: PU1 – вольтметр переменного тока диапазона измерения от 0 до 15 В;

PA1 – миллиамперметр постоянного тока диапазона измерения от 0 до 30 мА.