

науч

**УТВЕРЖДАЮ**

**Первый заместитель генерального  
директора-заместитель по научной  
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»**

  
« 17 » \_\_\_\_\_ 2019 г.  


**Вибропреобразователи 4527, 4528, 4529**

**Методика поверки**

**340-0517-19 МП**

**2019 г.**

## 1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика распространяется на вибропреобразователи 4527, 4528, 4529 (далее – вибропреобразователи), изготавливаемые компанией «Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S», Дания, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками 1 год.

## 2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При поверке выполнять операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции	
		при первичной поверке	при периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	да	да
2 Опробование	8.2	да	да
3 Определение метрологических характеристик	8.3		
3.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования и отклонения коэффициента преобразования от номинального значения	8.3.1	да	да
3.2 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования	8.3.2	да	нет
3.3 Определение неравномерности частотной характеристики	8.3.3	да	да
3.4 Определение нелинейности амплитудной характеристики	8.3.4	да	нет

2.2 В случае получения отрицательных результатов по любому пункту таблицы 1 вибропреобразователи бракуются и направляются в ремонт.

2.3 Не допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средств измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

## 3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки использовать средства измерений и вспомогательные средства поверки, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Номера пункта методики поверки	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.2, 8.3.1-8.3.4	Мультиметр 34401А, пределы измерений напряжения переменного тока 100 мВ; 1, 10, 100 и 750 В, пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения переменного тока $\pm 0,1\%$ ; пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения переменного тока $\pm 0,1\%$ ; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты в диапазоне частот от 3 до 5 Гц: $\pm 0,001 \cdot F$ , от 5 до 10 Гц: $\pm 0,0005 \cdot F$ , от 10 до 40 Гц: $\pm 0,0003 \cdot F$ , от 40 Гц до 300 кГц: $\pm 0,00006 \cdot F$ , где $F$ – измеренное значение частоты в Гц

## Продолжение таблицы 2

<i>Номера пункта методики поверки</i>	<i>Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки</i>
8.2, 8.3.1-8.3.4	Усилитель измерительный 2626: диапазон частот от 0,3 Гц до 100 кГц
8.3.2, 8.3.1-8.3.4	Государственный рабочий эталон единицы виброускорения 1 разряда в диапазоне значений до 392 м/с <sup>2</sup> в диапазоне частот от 0,1 до 20000 Гц (далее-виброустановка)
8.3.4	Государственный рабочий эталон единицы ускорения при ударном движении 1 разряда в диапазоне значений от 196 до 98000 м/с <sup>2</sup> (далее-ударная установка)

3.2 Допускается использование других аналогичных средств измерений, обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

3.3 Все средства измерений должны быть утверждённого типа, исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

### **4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ**

4.1 К проведению поверки вибропреобразователей допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим техническим образованием, имеющий опыт работы с электротехническими установками, ознакомленный с эксплуатационной документацией (ЭД) и документацией по поверке и квалифицированный в качестве поверителей.

### **5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования раздела «Указание мер безопасности» ЭД вибропреобразователей и средств поверки.

### **6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ**

6.1 Поверку проводить в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха от 18 до 25 °С;
- относительная влажность воздуха от 45 до 80 %;
- напряжение питания промышленной сети от 215,6 до 224,4 В;
- частота переменного напряжения промышленной сети от 49,5 до 50,5 Гц;
- уровень звукового давления не более 65 дБ.

При поверке должны соблюдаться указания, приведенные в ЭД вибропреобразователей.

### **7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ**

7.1 При подготовке к поверке выполнить следующие операции:

- изучить ЭД наверяемые вибропреобразователи и используемые средства поверки;
- проверить комплектность поверяемых вибропреобразователей;
- проверить комплектность рекомендованных (или аналогичных им) средств поверки, заземлить (если это необходимо) необходимые средства измерений и включить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии со временем установления рабочего режима, указанным в ЭД).

### **8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ**

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При проведении внешнего осмотра проверить:

- отсутствие механических повреждений корпуса, соединительных кабелей и электрических разъемов, влияющих на работоспособность вибропреобразователей;

- соответствие комплектности и маркировки требованиям, установленным в паспорте на вибропреобразователи;
- контактирующая поверхность вибропреобразователей должна быть очищена от загрязнения и не иметь выступающих заусенцев;
- резьбовые части вибропреобразователей и электрических разъемов не должны иметь видимых повреждений.

8.1.2 Результаты осмотра считать положительными, если выполняются требования п. 8.1.1.

## 8.2 Опробование

### 8.2.1 При опробовании:

- проверить функционирование вибропреобразователей.

При опробовании оценка метрологических характеристик не производится.

8.2.2 Установить вибропреобразователи на вибростол виброустановки таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности вибропреобразователей совпадало с направлением колебаний вибростола. Подключить вибропреобразователи ко входу усилителя, а выход усилителя – ко входу мультиметра. Включить и прогреть приборы с соответствии с эксплуатационной документацией на них. С помощью мультиметра фиксировать уровень помех на выходе вибропреобразователей.

На вибростоле на частоте 160 Гц плавно увеличивать ускорение до тех пор, пока сигнал на выходе вибропреобразователей не превысит уровень помех на 20 дБ (10 раз).

8.2.3 Результаты опробования считать положительными, если уровень выходного сигнала превышает уровень помех не менее чем на 20 дБ (10 раз).

## 8.3. Определение метрологических характеристик

8.3.1 *Определение действительного значения коэффициента преобразования и отклонения коэффициента преобразования от номинального значения*

8.3.1.1 Для определения действительного коэффициента преобразования вибропреобразователи установить на вибростол виброустановки таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности вибропреобразователей совпадало с направлением колебаний вибростола. Выход пьезоэлектрических вибропреобразователей подключить ко входу усилителя, выход последнего - ко входу мультиметра.

8.3.1.2 На вибростоле задать виброускорение с амплитудой  $20 \text{ м/с}^2$  на базовой частоте 160 Гц.

Считать показания мультиметра  $U_i$ . При определении коэффициента преобразования при использовании виброустановки с неавтоматизированной обработкой информации проводить не менее  $i = 3$  (трех) измерений, автоматизированной установки - не менее  $i = 12$  (двенадцати), среднее арифметическое значение результатов измерений использовать в дальнейших расчетах.

8.3.1.3 Определить среднее арифметическое значение напряжения  $U_{cp}$ , мВ, измеренного мультиметром, по формуле (1):

$$U_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n} . \quad (1)$$

8.3.1.4 Действительное значение коэффициента преобразования вычислить по формуле (2):

$$K_{\delta} = \frac{U_{cp}}{a_{\delta}} , \quad (2)$$

где  $a_{\delta}$  – виброускорение, задаваемое станцией для калибровки преобразователей вибрации,  $\text{м/с}^2$ .

8.3.1.5 Для вибропреобразователей модификации 4527 С действительное значение коэффициента преобразования  $K_{\delta}$  пьезоэлектрических вибропреобразователей выражается в единицах заряда,  $\text{пКл}/(\text{м} \cdot \text{с}^{-2})$ , и вычисляется по формуле (3):

$$K_o = \frac{U_{cp}}{K_y a_d}, \quad (3)$$

где  $K_y$  - коэффициент передачи усилителя, мВ/пКл.

8.3.1.6 Отклонение коэффициента преобразования от номинального значения вычислить по формуле (4):

$$\delta = \frac{K_o - K_n}{K_n} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где  $K_n$  – номинальное значение коэффициента преобразования.

8.3.1.7 Результаты испытаний считать положительными, если значения отклонения коэффициента преобразования от номинального значения находятся в пределах, указанных в таблице 3.

Таблица 3

Наименование характеристики	Значение характеристики для модификации					
	4527/ 4527 001/ 4527 003	4527 С	4528 В	4528 В 001/ 4528 В 003	4529 В	4529 В 001
Коэффициент преобразования: - по заряду, пКл/м·с <sup>-2</sup> - по напряжению, мВ/м·с <sup>-2</sup>	1,0/10,0/0,1	0,316	1,0	10,0/0,1	10,0	1,0
Пределы допускаемого отклонения коэффициента преобразования от номинального значения, %	±10,0	±15,0	±10,0	±10,0	±10,0	±10,0

### 8.3.2 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования

8.3.2.1 Вибропреобразователи установить на поворотном устройстве, закрепленном на вибростоле виброустановки, чтобы главная ось их чувствительности была перпендикулярна к направлению колебаний; соединить выход вибропреобразователей со входом усилителя, выход последнего – с мультиметром. Поворотное устройство должно обеспечивать поворот вибропреобразователей вокруг оси чувствительности на 360,0° с интервалом не более 30,0°.

8.3.2.2 Вибростолу задать виброускорение 20 м/с<sup>2</sup> на частоте 160 Гц. Считать показания мультиметра  $U'_i$  для каждого положения вибропреобразователей, соответствующего повороту вокруг оси чувствительности на 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°, 300°, 330°. Повторить процедуру еще раз и считать показания мультиметра  $U''_i$ . Вычислить среднее арифметическое значение показаний мультиметра  $U_{icp}$  по формуле (5):

$$U_{icp} = 0,5 \cdot (U'_i + U''_i). \quad (5)$$

8.3.2.3 Относительный коэффициент поперечного преобразования  $K_{OПi}$  для каждого положения вибропреобразователей вычислить по формуле (6):

$$K_{OПi} = \frac{U_{icp}}{K_{yад} K_o} \cdot 100 \%, \quad (6)$$

где  $K_{\partial}$  – действительное значение коэффициента преобразования вибропреобразователей, определенное по формуле (3) при том же значении базовой частоты, что и при определении относительного коэффициента поперечного преобразования,  $\text{пКл}/(\text{м}\cdot\text{с}^{-2})$ . Если  $K_{\partial}$  определяют по формуле (2), то относительный коэффициент поперечного преобразования, %, для каждого положения вибропреобразователей вычисляют по формуле (7):

$$K_{OПi} = \frac{U_{icp}}{a_{дK_{\partial}}} \cdot 100 \%. \quad (7)$$

В качестве относительного коэффициента поперечного преобразования принять максимальное значение, %, вычисленное по формуле (6) или (7):

$$K_{OП} = (K_{OПi})_{max}. \quad (8)$$

8.3.2.4 Результаты испытаний считать положительными, если полученные значения относительного коэффициента поперечного преобразования не превышают 5 %.

### 8.3.3 *Определение неравномерности частотной характеристики*

8.3.3.1 Неравномерность частотной характеристики (ЧХ) определять на частотах третьоктавного ряда рабочего диапазона частот. Значения частот выбирать из ряда 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000; 12500; 16000; 20000 Гц. Частотный ряд должен включать нижнюю и верхнюю граничные частоты рабочего диапазона и состоять не менее чем из 10 значений.

8.3.3.2 Установить вибропреобразователи на вибростол виброустановки таким образом, чтобы направление главной оси чувствительности вибропреобразователей совпадало с направлением колебаний вибростола. Выход вибропреобразователей подключить ко входу усилителя, выход последнего - ко входу мультиметра.

8.3.3.3 По методу, приведенному в п. 8.3.1, определить действительное значение коэффициента преобразования на базовой частоте.

8.3.3.4 На вибростоле задать виброускорение с амплитудой не менее  $10 \text{ м}/\text{с}^2$ . Считать показания мультиметра  $U_i$ .

8.3.3.5 Для каждого значения частоты вычислить значение коэффициента преобразования по формулам (1) - (3) в зависимости от типа вибропреобразователей. Используя полученные значения коэффициентов преобразования  $K_{\partial i}$ , вычислить их отклонения  $\gamma_i$  от действительного значения коэффициента преобразования  $K_{\partial}$ , определенного на базовой частоте 160 Гц, по формуле (9):

$$\gamma_i = \frac{K_{\partial i} - K_{\partial}}{K_{\partial}} \cdot 100 \%. \quad (9)$$

8.3.3.6 За неравномерность ЧХ вибропреобразователей принять максимальное абсолютное значение, %, вычисленное по формуле (10):

$$\gamma = (\gamma_i)_{max}. \quad (10)$$

8.3.3.7 Результаты испытаний считать положительными, если полученные значения неравномерности ЧХ находятся в пределах  $\pm 10,0 \%$ .

### 8.3.4 *Определение нелинейности амплитудной характеристики*

Определение нелинейности амплитудной характеристики проводить в два этапа.

8.3.4.1 Нелинейность амплитудной характеристики при измерениях в диапазоне ускорений от 0,1 до  $392 \text{ м}/\text{с}^2$  определять с помощью виброустановки. Установить вибропреобразователи на вибростол таким образом, чтобы направление главной оси

чувствительности вибропреобразователей совпадало с направлением колебаний вибростола. Выход вибропреобразователей подключать ко входу усилителя, выход усилителя - ко входу мультиметра.

8.3.4.2 На базовой частоте 160 Гц последовательно задавать значения виброускорения (не менее 5 точек диапазона измерения виброускорения), включая верхний ( $392 \text{ м/с}^2$ ) и нижний ( $0,1 \text{ м/с}^2$ ) пределы.

8.3.4.3 Считать показания мультиметра  $U_i$  и определить значения коэффициента преобразования  $K_{\partial i}$  для каждого значения виброускорения по формулам (1)-(3) в зависимости от типа вибропреобразователей.

8.3.4.4 Определить среднее арифметическое значение коэффициента преобразования  $K_{cp}$  по формуле (11):

$$K_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{\partial i}}{n}, \quad (11)$$

где  $n$  - число значений задаваемых ускорений при определении нелинейности амплитудной характеристики.

8.3.4.5 Вычислить для каждого значения ускорения относительное отклонение  $\delta_i^{\text{ВП}}$  коэффициента преобразования  $K_{\partial i}$  от среднего арифметического значения  $K_{cp}$ , % по формуле (12):

$$\delta_i^{\text{ВП}} = \frac{|K_{\partial i} - K_{cp}|}{K_{cp}} \cdot 100 \%. \quad (12)$$

8.3.4.6 За нелинейность амплитудной характеристики вибропреобразователей принять максимальное значение, %, вычисленное по формуле (13):

$$\delta^{\text{ВП}} = (\delta_i^{\text{ВП}})_{\text{max}}. \quad (13)$$

8.3.4.7 Нелинейность амплитудной характеристики при измерениях ускорения свыше  $392 \text{ м/с}^2$  определять с помощью ударной установки. С помощью специальных элементов крепления закреплять вибропреобразователи на верхней монтажной поверхности эталонного преобразователя ударной установки так, чтобы ось чувствительности вибропреобразователей совпадала с направлением импульса ударного ускорения.

8.3.4.8 Воспроизвести ударный импульс длительностью от 0,5 до 2,0 мс на частоте 160 Гц на опорной амплитуде  $20 \text{ м/с}^2$  и зафиксировать показания с мультиметра. Определить коэффициент преобразования по формуле (14):

$$K_{\text{удар}} = K_{\text{эт}} \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{эт}}}, \quad (14)$$

где  $K_{\text{эт}}$  - коэффициент преобразования по удару эталонного вибропреобразователя,

$U_{\text{эт}}$  - выходной сигнал эталонного преобразователя,

$U_{\text{вых}}$  - выходной сигнал вибропреобразователей.

Затем повторить не менее чем в пяти точках диапазона измерения, включая верхний предел.

8.3.4.9 Вычислить для каждого значения ускорения отклонение  $\delta_{\text{удар}}$  коэффициента преобразования  $K_{\text{удар}}$  от опорного значения  $K_{\text{удар.опор}}$ , % по формуле (15):

$$\delta_{\text{удар}} = \frac{K_{\text{удар}} - K_{\text{удар.опор}}}{K_{\text{удар.опор}}} \cdot 100 \%. \quad (15)$$

8.3.4.10 Результаты испытаний считать положительными, если полученные значения нелинейности амплитудной характеристики не превышают значений, указанных в таблицах 4-12.

Таблица 4

Наименование характеристики	Значение характеристики для модификации 4527
Диапазон измерений виброускорения, м/с <sup>2</sup>	от 0,1 до 7000
Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более: - от 0,1 до 392 м/с <sup>2</sup> включ.; - св. 392 до 7000 м/с <sup>2</sup>	±2,0 ±5,0

Таблица 5

Наименование характеристики	Значение характеристики для модификации 4527 001
Диапазон измерений виброускорения, м/с <sup>2</sup>	от 0,1 до 700
Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более: - от 0,1 до 392 м/с <sup>2</sup> включ.; - св. 392 до 700 м/с <sup>2</sup>	±2,0 ±5,0

Таблица 6

Наименование характеристики	Значение характеристики для модификации 4527 003
Диапазон измерений виброускорения, м/с <sup>2</sup>	от 0,1 до 50000
Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более: - от 0,1 до 392 м/с <sup>2</sup> включ.; - св. 392 до 50000 м/с <sup>2</sup>	±2,0 ±5,0

Таблица 7

Наименование характеристики	Значение характеристики для модификации 4527 С
Диапазон измерений виброускорения, м/с <sup>2</sup>	от 0,1 до 5100
Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более: - от 0,1 до 392 м/с <sup>2</sup> включ.; - св. 392 до 5100 м/с <sup>2</sup>	±2,0 ±5,0

Таблица 8

Наименование характеристики	Значение характеристики для модификации 4528
Диапазон измерений виброускорения, м/с <sup>2</sup>	от 0,1 до 7000
Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более: - от 0,1 до 392 м/с <sup>2</sup> включ.; - св. 392 до 7000 м/с <sup>2</sup>	±2,0 ±5,0

Таблица 9

Наименование характеристики	Значение характеристики для модификации 4528
Диапазон измерений виброускорения, м/с <sup>2</sup>	от 0,1 до 700
Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более: - от 0,1 до 392 м/с <sup>2</sup> включ.; - св. 392 до 700 м/с <sup>2</sup>	±2,0 ±5,0



Таблица 10

Наименование характеристики	Значение характеристики для модификации 4528 В 003
Диапазон измерений виброускорения, м/с <sup>2</sup>	от 0,1 до 50000
Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более: - от 0,1 до 392 м/с <sup>2</sup> включ.; - св. 392 до 50000 м/с <sup>2</sup>	±2,0 ±5,0

Таблица 11

Наименование характеристики	Значение характеристики для модификации 4529 В
Диапазон измерений виброускорения, м/с <sup>2</sup>	от 0,1 до 700
Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более: - от 0,1 до 392 м/с <sup>2</sup> включ.; - св. 392 до 700 м/с <sup>2</sup>	±2,0 ±5,0

Таблица 12

Наименование характеристики	Значение характеристики для модификации 4529 В 001
Диапазон измерений виброускорения, м/с <sup>2</sup>	от 0,1 до 7000
Нелинейность амплитудной характеристики, %, не более: - от 0,1 до 392 м/с <sup>2</sup> включ.; - св. 392 до 7000 м/с <sup>2</sup>	±2,0 ±5,0

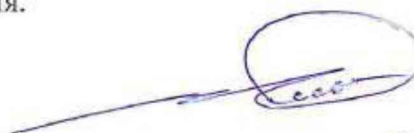
## 9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 При положительных результатах поверки на вибропреобразователи выдаются свидетельства установленной формы.

9.2 В случае отрицательных результатов поверки поверяемые вибропреобразователи к дальнейшему применению не допускаются. На них выдаются извещения о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник НИО-3  
ФГУП «ВНИИФТРИ»  
Начальник отдела 340  
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Заместитель начальника отдела 340  
ФГУП «ВНИИФТРИ»



Э.Г. Асланян



А.С. Николаенко



В.П. Авраменко