



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ»
(ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора

ФБУ «Ростест-Москва»



А.Д. Меньшиков

М.п.

«17» августа 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ВИБРАЦИИ И УДАРНЫХ ИМПУЛЬСОВ
DUOTECH**

Методика поверки

РТ-МП-457-441-2021

г. Москва
2021 г.

1. Общие положения

1.1. Настоящая методика распространяется на преобразователи вибрации и ударных импульсов DuoTech (далее – акселерометры), изготовленные SPM Instrument AB, Швеция, и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверок.

1.2. Выполнение всех требований настоящей методики обеспечивает прослеживаемость поверяемого средства измерений к ГЭТ 58-2018 «ГПСЭ единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела» и ГЭТ 57-84 «ГПСЭ единицы ускорения при ударном движении»

1.3. При проведении поверки используется метод прямых измерений.

2. Перечень операций поверки

2.1. При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 - Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта НД по поверке	Обязательность проведения операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1.	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование	7.2.	Да	Да
Определение метрологических характеристик	7.3.	-	-
Определение отклонения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 80 Гц	7.3.1.	Да	Да
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	7.3.2.	Да	Да
Определение нелинейности амплитудной характеристики	7.3.3.	Да	Нет
Определение относительного коэффициента поперечного преобразования	7.3.4.	Да	Нет
Определение отклонения измерений ударного импульса	7.3.5.	Да	Да

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 15 до 25 °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1. К проведению поверки допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим инженерным образованием, имеющим опыт работы с аналогичным оборудованием, ознакомленный с эксплуатационной документацией и настоящей методикой поверки.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1. При проведении поверки применяют средства измерений и вспомогательные устройства, приведенные в таблице 2.

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

Таблица 2 - Средства измерений

Номер пункта НД по поверке	Наименование средств поверки
7.3.1., 7.3.2., 7.3.3., 7.3.4.	Поверочная виброустановка 2-го разряда по приказу Росстандарта от 27.12.2018 г. № 2772 (диапазон частот от 2 до 10000 Гц)
7.3.1., 7.3.2., 7.3.3., 7.3.4.	Усилитель измерительный Nexus, мод. 2692, (диапазон рабочих частот от 0,1 до 100000 Гц; динамический диапазон 120 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,05$ дБ)
7.3.1., 7.3.2., 7.3.3., 7.3.4.	Мультиметр цифровой Agilent 34401A (диапазон измерения переменного напряжения от 1 мВ до 1000 В, предел допускаемой абсолютной погрешности $\pm(0,04 \cdot U_{изм} + 0,02 \cdot ПР)$)
7.3.5.	Установка калибровочная СУ-01 (диапазон воспроизведения ударных импульсов (размах) от 0 до 77 м/с ² ; СКО размаха ударных импульсов $\pm 5,0$ %)
7.3.5.	Анализатор состояния механизмов Leonova (диапазон измерений ударных импульсов от -19 до 99 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности в диапазоне измерений ударных импульсов $\pm 1,0$ дБ)

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 измерительными приборами и вспомогательным оборудованием должны быть соблюдены требования безопасности, оговоренные в соответствующих технических описаниях и эксплуатационных документах применяемых приборов.

7. Проведение поверки

7.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие акселерометра следующим требованиям:

- отсутствие видимых механических повреждений корпуса акселерометра;
- отсутствие внешних повреждений соединительного кабеля;
- исправность крепежных приспособлений.

В случае обнаружения несоответствия хотя бы по одному из указанных требований поверка прекращается (до устранения нарушения).

Результаты внешнего осмотра считать удовлетворительными, если акселерометр соответствует перечисленным требованиям, комплектность полная.

7.2. Подготовка к поверке и опробование

Для подготовки к поверке и проведения опробования акселерометра необходимо:

- проверить наличие средств поверки, укомплектованность их руководством по эксплуатации (далее - РЭ) и необходимыми элементами соединений;
- разместить, заземлить и соединить используемые средства поверки в соответствии с требованиями эксплуатационной документации (далее – ЭД) на указанные средства поверки;
- разместить акселерометр на рабочем месте, исключив перегибания соединительных кабелей;
- подключить акселерометр к входу анализатора Leonova;
- слегка постукивая по корпусу акселерометра, контролировать показания анализатора Leonova.

Результаты опробования считаются удовлетворительными, если для акселерометра предусмотренная процедура опробования успешно выполняется.

При неудовлетворительных результатах поверка прекращается (до устранения нарушения).

7.3. Определение метрологических характеристик

7.3.1. Определение отклонения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 80 Гц

Для определения отклонения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 80 Гц необходимо:

- подготовить поверочную виброустановку (далее – виброустановка) к проведению измерений в соответствии с РЭ;
- закрепить акселерометр на измерительном столе виброустановки посредством шпильки;
- подключить акселерометр к входу усилителя измерительного Nexus, мод. 2692 (далее – усилитель);
- подключить выход усилителя к входу мультиметра цифрового 34401А (далее – мультиметр);
- воспроизвести на виброустановке сигнал с частотой 80 Гц и пиковым значением виброускорения $14,1 \text{ м/с}^2$;
- считать показания с цифрового экрана мультиметра;
- вычислить коэффициент преобразования по формуле (1):

$$K_u = \frac{U_{\text{вых}}}{a_{\text{вх}}}, \quad (1)$$

где K_u – измеренное значение коэффициента преобразования, $\text{мВ/м}\cdot\text{с}^{-2}$;

$U_{\text{вых}}$ – значение напряжения, измеренное мультиметром, мВ;

$a_{\text{вх}}$ – значение виброускорения, заданное на виброустановке, м/с^2

– вычислить значение отклонения коэффициента преобразования на базовой частоте 80 Гц по формуле (2):

$$\delta_K = \frac{K_u - K_n}{K_n} \cdot 100 \quad (2)$$

где δ_K – отклонение коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте 80 Гц, %;

K_n – номинальное значение коэффициента преобразования акселерометра, $\text{мВ/м}\cdot\text{с}^{-2}$;

K_u – измеренное значение коэффициента преобразования акселерометра, $\text{мВ/м}\cdot\text{с}^{-2}$.

7.3.2. Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики.

Для определения неравномерности амплитудно-частотной характеристики (далее – АЧХ) акселерометра необходимо:

- подготовить виброустановку в соответствии с п. 7.3.1.;
- осуществить подключение и закрепление акселерометра в соответствии с п. 7.3.1.;
- воспроизвести на виброустановке сигнал с частотой 80 Гц и пиковым значением виброускорения $14,1 \text{ м/с}^2$. Данное значение виброускорения остается неизменным в каждой из десяти точек исследуемого диапазона частот;

Примечание – на частотах, где технически невозможно получить указанное ускорение, коэффициент преобразования определяют при ускорениях, достижимых для виброустановки, с коэффициентом гармоник движения измерительного стола не более 10%.

- вычислить коэффициент преобразования на каждой частоте по формуле (1);
- вычислить неравномерность АЧХ акселерометра по формуле (3):

$$\delta_{\text{АЧХ}} = \frac{K_i - K_{\text{баз}}}{K_{\text{баз}}} \cdot 100, \quad (3)$$

где $\delta_{\text{АЧХ}}$ – неравномерность АЧХ акселерометра, %;

$K_{\text{баз}}$ – измеренное значение коэффициента преобразования акселерометра на базовой частоте 80 Гц, $\text{мВ/м}\cdot\text{с}^{-2}$;

K_i – измеренное значение коэффициента преобразования акселерометра в i -той точке диапазона частот, $\text{мВ/м}\cdot\text{с}^{-2}$.

7.3.3. Определение нелинейности амплитудной характеристики.

Для определения нелинейности амплитудной характеристики (далее – АХ) акселерометра необходимо:

- подготовить виброустановку в соответствии с п. 7.3.1.;
- осуществить подключение и закрепление акселерометра в соответствии с п. 7.3.1.;
- воспроизвести на виброустановке сигнал с частотой 80 Гц и пиковыми значениями виброускорений 0,14; 0,28; 0,71; 1,41; 2,82; 7,05; 14,10; 28,20; 70,50; 141,00; 282,00 и 600,00 м/с²;
- произвести измерения в каждой контрольной точке согласно РЭ на виброустановку;
- принять за показатель нелинейности амплитудной характеристики максимальное по модулю значение, вычисленное по формуле (4):

$$\delta_{AX} = |A_{\max}| = \frac{K_i - K_{cp}}{K_{cp}} \cdot 100, \quad (4)$$

где δ_{AX} – нелинейность АХ акселерометра, %;

A_{\max} – максимальное отклонение коэффициента преобразования от номинального значения в i -ой точке, %

K_i – измеренный коэффициент преобразования в i -ой точке, мВ/м·с⁻²;

K_{cp} – среднее значение коэффициента преобразования, вычисленное по формуле (5):

$$K_{cp} = \frac{\sum K_i}{n} \quad (5)$$

где K_i – коэффициент преобразования в i -том измерении;

n – число измерений.

7.3.4. Определение относительного коэффициента поперечного преобразования.

Для определения относительного коэффициента поперечного преобразования акселерометра необходимо:

- подготовить виброустановку в соответствии с п. 7.3.1.;
- осуществить подключение акселерометра в соответствии с п. 7.3.1.;
- подготовить специальное поворотное устройство, обеспечивающее поворот акселерометра вокруг его оси чувствительности на 360 ° с интервалом не более 30°;
- закрепить поворотное устройство на вибрационном столе виброустановки;
- закрепить акселерометр на поворотном устройстве посредством шпильки;
- воспроизвести на виброустановке сигнал с частотой 80 Гц и пиковым значением виброускорения 70,50 м/с²;
- после каждого i -ого измерения изменять положение акселерометра на 30°, закрепляя его на поворотном устройстве.
- рассчитать значение относительного коэффициента поперечного преобразования для каждого положения акселерометра, соответствующего повороту вокруг оси чувствительности на 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330° по формуле (6):

$$K_n = \frac{K_{cp}}{K_{\text{баз}}} \cdot 100, \quad (6)$$

где K_n – относительный коэффициент поперечного преобразования, %;

$K_{\text{баз}}$ – коэффициент преобразования акселерометра на базовой частоте 80 Гц;

K_{cp} – среднее значение коэффициента преобразования акселерометра, рассчитанное по формуле (5).

7.3.5. Определение отклонения измерений ударного импульса

Для определения отклонения измерений ударного импульса необходимо:

- подготовить установку калибровочную СУ-01 (далее – установка СУ-01) и анализатор Леопова к проведению измерений в соответствии с «Руководством по эксплуатации»;
- поместить акселерометр на измерительный стол установки СУ-01 посредством шпильки и подключить его к входу анализатора Леопова;
- перевести установку СУ-01 в режим воспроизведения ударного импульса «Single Pulse»;

- задать на установке CU-01 значения ударного импульса 96,0; 86,0; 76,0; 66,0; 56,0; 46,0 дБ отн. 100 м/с² для акселерометров SLC144, SLC244, TRC100, TRC150, TRC200, TRC250 или 96,0; 86,0; 76,0; 66,0; 56,0 дБ отн. 100 м/с² для акселерометров SLC141;
- провести измерения в каждой контрольной точке по показаниям анализатора Leonova;
- вычислить отклонение измерений ударного импульса по формуле (7) для акселерометров SLC144, SLC244, TRC100, TRC150, TRC200, TRC250 или формуле (8) для акселерометров SLC141:

$$\Delta_{уИ} = A_{и} - A_{з} + K_{CU-01}, \quad (7)$$

$$\Delta_{уИ} = A_{и} - A_{з} + K_{CU-01} - 20 \text{ дБ}, \quad (8)$$

где $\Delta_{уИ}$ – отклонение измерений ударного импульса, дБ отн. 100 м/с²;

$A_{и}$ – ударный импульс, измеренный по показаниям анализатора Leonova, дБ;

$A_{з}$ – ударный импульс, заданный на установке CU-01, дБ;

K_{CU-01} – значение коэффициента передачи из свидетельства о поверке установки CU-01.

- перевести установку CU-01 в режим воспроизведения ударного импульса «STG-Pulse»;
- задать на установке CU-01 значения ударного импульса 75/60; 50/40 дБ отн. 100 м/с² для акселерометров SLC144, SLC244, TRC100, TRC150, TRC200, TRC250 или 75/60 дБ отн. 100 м/с² для акселерометров SLC141;
- провести измерения в каждой контрольной точке по показаниям анализатора Leonova;
- вычислить отклонение пикового значения ударного импульса по формуле (7) для акселерометров SLC144, SLC244, TRC100, TRC150, TRC200, TRC250 или формуле (8) для акселерометров SLC141:

8. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

8.1. Процедуры обработки результатов измерений, полученных при определении метрологических характеристик поверяемого акселерометра указаны в п. 7.3.1. – 7.3.5. настоящей методики поверки.

8.2. Критерием принятия решения о пригодности акселерометра к дальнейшей эксплуатации является подтверждение соответствия акселерометра метрологическим требованиям, установленным в описании типа для модификации акселерометра, представленной в поверку.

9. Оформление результатов поверки

9.1. Результаты измерений, полученные в процессе поверки, заносятся в протокол произвольной формы. Протокол должен наглядно отображать полученные результаты измерений в поверяемых точках и диапазонах частот, которые указаны в соответствующих пунктах настоящей методики поверки, а также сравнивать полученные действительные и допустимые значения нормируемых погрешностей для модификации акселерометра, представленной в поверку.

9.2. Сведения о результатах поверки акселерометра в целях её подтверждения передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений.

9.3. Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений выдаётся по заявлению владельцев акселерометра или лиц, представивших его в поверку. Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений должны быть оформлены в соответствии с требованиями действующих правовых нормативных документов. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

Заместитель начальника лаборатории №441



Н.В. Гольшак