

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «12» ноября 2021 г. № 2537

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ УСКОРЕНИЯ,
СКОРОСТИ И СИЛЫ ПРИ УДАРНОМ ДВИЖЕНИИ**

1. Область применения

Настоящая Государственная поверочная схема распространяется на средства измерений ускорения, скорости и силы при ударном движении, и устанавливает порядок передачи единицы ускорения – метра на секунду в квадрате (м/с^2), скорости – метра в секунду (м/с) и силы – ньютона (Н) при прямолинейном импульсном движении от Государственного первичного специального эталона единицы ускорения при ударном движении с помощью вторичных эталонов и рабочих эталонов средствам измерений с указанием показателей точности и основных методов поверки.

Допускается проводить поверку средств измерений (далее по тексту – СИ) ударного ускорения, ударной скорости и ударной силы с помощью вторичных и рабочих эталонов с лучшими показателями точности, чем предусмотрено в настоящей поверочной схеме.

Графическая часть Государственной поверочной схемы для средств измерений ударного ускорения, ударной скорости и ударной силы представлена в Приложении А.

2. Государственный первичный специальный эталон

2.1. Государственный первичный специальный эталон единицы ускорения, скорости и силы при ударном движении состоит из комплекса следующих средств измерений:

2.1.1. установка для воспроизведения ударного ускорения при длительности импульса от 20 мкс до 400 мкс по ГОСТ ISO 16063-1-2013, ГОСТ Р ИСО 16063-13-2012 и ГОСТ Р ИСО 16063-22-2012;

2.1.2. установка для воспроизведения ударного ускорения при длительности импульса от 0,40 мс до 100 мс по ГОСТ ISO 16063-1-2013, ГОСТ Р ИСО 16063-13-2012 и ГОСТ Р ИСО 16063-22-2012;

2.1.3. комплект аппаратуры передачи размеров единиц ударного ускорения, ударной скорости и ударной силы (эталон сравнения) в составе:

акселерометр высокой интенсивности ускорения;

акселерометр низкой интенсивности ускорения;

виброметр лазерный;

эталонные гири (ударники);

преобразователь силы.

2.1.4. комплекс вспомогательных устройств и специальных инженерных сооружений.

2.2. Государственный первичный специальный эталон обеспечивает воспроизведение единицы ускорения при ударном движении, а также связанных величин ударной скорости и ударной силы:

2.2.1. Диапазон пиковых значений единицы ускорения при ударном движении составляет от 10 м/с^2 до $2 \cdot 10^6 \text{ м/с}^2$ (в зависимости от формы и длительности ударного импульса) в диапазоне длительностей однополярного и биполярного ударного импульса от 20 мкс до 100 мс при монотонно возрастающем переднем фронте;

со средним квадратическим отклонением (далее – СКО) результата измерений (S_0) от 0,5 % до 1,0 % при 10 независимых измерениях;

с неисключенной систематической погрешностью (Θ_0) при $P=0,95$, не превышающей 1,0 %;

со стандартной неопределенностью, оцениваемой по типу А, u_{0A} , от 0,5 % до 1,0 % при 10 независимых измерениях;

со стандартной неопределенностью, оцениваемой по типу В, u_{0B} , не превышающей 0,5 %.

2.2.2. Диапазон пиковых значений единицы скорости при ударном движении составляет от 0,1 м/с до 40 м/с (в зависимости от длительности ударного импульса).

2.2.3. Диапазон пиковых значений единицы силы при ударном движении составляет от 0,5 Н до 10^5 Н (в зависимости от длительности ударного импульса).

2.2.4. Нестабильность ν_0 Государственного первичного специального эталона за один год не превышает 0,2 %.

2.2.5. Отношение длительности переднего фронта воспроизводимого ударного ускорения к полной длительности однополярного ударного импульса должно быть не менее 0,5.

2.3. Государственный первичный специальный эталон применяют для:

передачи размеров единиц ускорения, скорости и силы при ударном движении вторичным эталонам единиц ударного ускорения, ударной скорости и ударной силы с помощью эталона сравнения;

передачи размеров единиц ударного ускорения, ударной скорости и ударной силы рабочим эталонам 1-го и 2-го разрядов методом косвенных измерений.

2.4. Эталон сравнения применяют для сличений вторичных эталонов единиц ударного ускорения, ударной скорости и ударной силы с Государственным первичным специальным эталоном с помощью компаратора:

с СКО суммарной погрешности $S_{\Sigma 0}$ (суммарная стандартная неопределенность $u_{\Sigma 0}$) при 10 независимых измерениях находится в пределах от 0,2 % до 1,0 %;

с нестабильностью ν_0 за один год не превышающей 0,2 %.

3. Средства измерений (эталоны), заимствованные из других поверочных схем

3.1. Эталоны (средства измерений), заимствованные из других государственных поверочных схем, применяют для передачи единицы ускорения – метра на секунду в квадрате (м/с^2), единицы скорости – метра в секунду (м/с) и единицы силы – ньютона (Н), вторичным эталонам и эталонам 2-го разряда ускорения, скорости и силы при ударном движении методом косвенных измерений.

3.2. В качестве эталонов (средств измерений), заимствованных из других государственных поверочных схем, используют:

виброизмерительные преобразователи в диапазоне измерений виброускорений ($10^{-3} - 10^4$) м/с^2 в диапазоне частот от 0,1 Гц до 20 кГц – рабочие эталоны 1-го разряда согласно приказа Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 об утверждении государственной поверочной схемы (ГПС) для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения;

оптические средства измерений и лазерные виброметры для измерений параметров вибраций в диапазоне измерений виброскорости ($10^{-4} - 40$) м/с в диапазоне частот от 0,1 Гц до 20 кГц – рабочие эталоны 1-го разряда согласно приказа Росстандарта № 2772 от 27.12.2018 об утверждении ГПС для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения;

гири номинальных значений от $1 \cdot 10^{-4}$ кг до $5 \cdot 10^3$ кг – рабочие эталоны 5-го разряда согласно приказу Росстандарта № 2818 от 29.12.2018 об утверждении ГПС для средств измерений массы;

динамометры и машины силовоспроизводящие с диапазоном хранения и передачи единицы силы от 1 Н до 1 МН – рабочие эталоны 2-го и 3-го разряда согласно приказу Росстандарта № 2498 от 22.10.2019 об утверждении ГПС для средств измерений силы.

4. Вторичные эталоны

4.1. В качестве вторичных эталонов единиц ударного ускорения, ударной скорости и ударной силы применяются ударные установки по ГОСТ ISO 16063-1-2013, ГОСТ Р ИСО 16063-13-2012 и ГОСТ Р ИСО 16063-22-2012 в диапазонах измерений пиковых значений ударного ускорения ($10 - 2 \cdot 10^6$) м/с^2 , ударной скорости ($10^{-1} - 40$) м/с и ударной силы ($0,5 - 10^5$) Н, в диапазоне длительностей ударного импульса от 20 мкс до 100 мс. Форма импульса ударного ускорения, воспроизводимого ударными установками, должна соответствовать форме ускорения, воспроизводимого Государственным первичным специальным эталоном.

Относительная суммарная погрешность, характеризуемая суммарным СКО $S_{\Sigma 0}$ (суммарных стандартных неопределенностей результатов измерений $u_{\Sigma 0}$) при 10 независимых измерениях, а также нестабильность v_0 вторичных эталонов единиц ударного ускорения, ударной скорости и ударной силы не должны превышать значений, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Относительная суммарная погрешность, характеризуемая суммарным СКО $S_{\Sigma 0}$, суммарной стандартной неопределенности результатов измерений $u_{\Sigma 0}$, а также нестабильности v_0 вторичных эталонов единиц ударного ускорения, ударной скорости и ударной силы

Диапазон пикового ударного ускорения, м/с^2	Диапазон пиковой ударной скорости, м/с	Диапазон пиковой ударной силы, Н	Вторичный эталон единиц ударного ускорения, ударной скорости и ударной силы		
			$S_{\Sigma 0}$	$u_{\Sigma 0}$	v_0
1 – 10			$2,0 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$
>10 – 50		$>5 \cdot 10^{-1} - 10$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$
$>50 - 2 \cdot 10^3$	0,1 – 40	$>10 - 10^2$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$
$>2 \cdot 10^3 - 10^4$		$>10^2 - 10^3$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$
$>10^4 - 10^5$		$>10^3 - 10^5$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$
$>10^5 - 2 \cdot 10^5$			$3,0 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$
$>2 \cdot 10^5 - 10^6$			$5,0 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$
$>10^6 - 2 \cdot 10^6$			$6,0 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$

4.2. Вторичные эталоны единиц ударного ускорения, ударной скорости и ударной силы применяют для передачи размеров единиц:

рабочим эталонам 1-го разряда методом прямых измерений и методом косвенных измерений;

рабочим эталонам 2-го разряда методом косвенных измерений;

средствам измерений методом прямых измерений и методом косвенных измерений.

Для выполнения указанных функций в состав вторичного эталона входит комплект аппаратуры передачи размеров единиц ударного ускорения, ударной скорости и ударной силы (эталон сравнения) аналогичный Государственному первичному специальному эталону.

5. Рабочие эталоны

5.1. Рабочие эталоны 1-го разряда

5.1.1. В качестве рабочих эталонов 1-го разряда используют:

лазерные виброметры для измерения ударной скорости в диапазоне измерений пиковых значений ударной скорости ($10^{-1} - 40$) м/с и в диапазоне длительностей ударного импульса от 20 мкс до 100 мс;

акселерометры и виброизмерительные преобразователи в ударном режиме в диапазоне измерений пиковых значений ударного ускорения ($10 - 10^6$) м/с^2 и в диапазоне длительностей ударного импульса от 20 мкс до 100 мс;

поверочные ударные установки 1-го разряда в диапазоне измерений пиковых значений ударного ускорения ($10 - 10^6$) м/с^2 , ударной скорости ($10^{-1} - 40$) м/с и ударной силы ($5 \cdot 10^{-1} - 10^5$) Н в диапазоне длительностей ударного импульса от 20 мкс до 100 мс. Форма импульса ударного ускорения, воспроизводимого поверочными ударными установками, должна соответствовать форме ускорения, воспроизводимого Государственным первичным специальным эталоном.

5.1.2. Рекомендуемые доверительные границы относительных погрешностей δ_0 при доверительной вероятности $p = 0,95$ рабочих эталонов 1-го разряда не должны превышать значений, указанных в таблице 2.

Таблица 2 – Рекомендуемые доверительные границы относительных погрешностей δ_0 рабочих эталонов 1-го разряда.

Диапазон пикового ударного ускорения, м/с^2	Диапазон пиковой ударной скорости, м/с	Доверительные границы относительных погрешностей δ_0		
		Оптические средства измерений и лазерные виброметры	Акселерометры и виброизмерительные преобразователи	Поверочные ударные установки 1-го разряда
-	0,1 – 40	$10^{-2} - 2 \cdot 10^{-2}$		
$>10 - 50$			$2,0 \cdot 10^{-2} - 3,0 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-2}$
$>50 - 2 \cdot 10^3$			$1,5 \cdot 10^{-2} - 2,0 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-2}$
$>2 \cdot 10^3 - 10^4$			$2,0 \cdot 10^{-2} - 3,0 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-2}$
$>10^4 - 10^5$			$3,0 \cdot 10^{-2} - 4,0 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2} - 7 \cdot 10^{-2}$
$>10^5 - 2 \cdot 10^5$			$4,0 \cdot 10^{-2} - 5,0 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2} - 10 \cdot 10^{-2}$
$>2 \cdot 10^5 - 10^6$			$5,0 \cdot 10^{-2} - 7,0 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-1} - 1,2 \cdot 10^{-1}$

5.1.4. Рабочие эталоны 1-го разряда применяют для проверки:

рабочих эталонов 2-го разряда прямым методом и методом косвенных измерений;

средств измерений методом прямых измерений и методом косвенных измерений.

5.1.5. Соотношение доверительных границ погрешности рабочих эталонов 1-го разряда и доверительных границ погрешности рабочих эталонов 2-го разряда при доверительной вероятности $p = 0,95$ в одинаковых диапазонах длительностей ударного импульса должно быть не более 0,7.

5.2. Рабочие эталоны 2-го разряда

5.2.1. В качестве рабочих эталонов 2-го разряда используют поверочные ударные установки и вибростенды, работающие в ударном режиме, в диапазоне пиковых значений ударных ускорений ($1 - 10^5$) м/с^2 , ударной скорости ($10^{-1} - 40$) м/с и ударной силы ($0,5 - 10^5$) Н в диапазоне длительностей ударного

импульса от 0,1 мс до 100 мс, а также генераторы ударных импульсов. В качестве эталонного виброизмерительного преобразователя в ударном режиме может быть использован рабочий эталон 1-го разряда согласно приказу Росстандарта №2772 от 27.12.2018.

Форма импульса ударного ускорения, воспроизводимого поверочными ударными установками, должна соответствовать форме ускорения, воспроизводимого Государственным первичным специальным эталоном. Допускается наличие наложенных колебаний с коэффициентом не более 1,1.

Генераторы ударных импульсов применяют для воспроизведения высокочастотных ударных импульсов сложной формы с пиковым значением ударного ускорения в диапазоне от – 20 дБ до 120 дБ относительно 100 мм/с², с частотами заполнения ударных импульсов сложной формы в диапазоне от 24 кГц до 40 кГц и частотой повторения ударных импульсов в диапазоне от 0,1 Гц до 1100 Гц

5.2.2. Рекомендуемые доверительные границы относительных погрешностей δ_0 при доверительной вероятности $p = 0,95$ рабочих эталонов 2-го разряда не должны превышать значений, указанных в таблице 3.

Таблица 3 – Рекомендуемые доверительные границы относительных погрешностей δ_0 рабочих эталонов 2-го разряда.

Диапазон пикового ударного ускорения, м/с ²	Диапазон пиковой ударной скорости, м/с	Диапазон пиковой ударной силы, Н	Доверительные границы относительных погрешностей δ_0	
			Генераторы ударных импульсов	Поверочные ударные установки 2-го разряда
-	0,1 – 40	-		$3 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-1}$
>10 – 50		$>5 \cdot 10^{-1} - 10$		$3 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-2}$
$>50 - 2 \cdot 10^3$		$>10 - 10^2$		$5 \cdot 10^{-2} - 6 \cdot 10^{-2}$
$>2 \cdot 10^3 - 10^4$		$>10^2 - 10^3$		$8 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-1}$
$>10^4 - 10^5$		$>10^3 - 10^5$		$1 \cdot 10^{-1} - 1,5 \cdot 10^{-1}$
– 20 дБ до 120 дБ			$7 \cdot 10^{-2} - 1,3 \cdot 10^{-1}$	

5.2.3. Рабочие эталоны 2-го разряда применяют для поверки средств измерений (акселерометров, виброизмерительных преобразователей в ударном режиме, регистраторов параметров удара, тестеров и анализаторов ударных импульсов) методом прямых измерений и методом косвенных измерений.

5.2.4. Соотношение доверительных границ погрешности рабочих эталонов 2-го разряда и доверительных границ основной относительной погрешности средств измерений в одинаковых диапазонах длительностей ударного импульса должно быть не более 0,7.

6. Средства измерений

6.1. В качестве средств измерений используют акселерометры и виброизмерительные преобразователи в ударном режиме, средства измерений параметров удара, регистраторы переходных процессов и анализаторы ударного спектра, тестеры и анализаторы ударных импульсов, средства воспроизведения энергии удара, преобразователи силы в ударном режиме и ударные молотки.

6.2. Акселерометры и виброизмерительные преобразователи в ударном режиме применяют для измерения ударных ускорений в диапазоне пиковых значений ударного ускорения $(10 - 2 \cdot 10^6) \text{ м/с}^2$ и в диапазоне длительностей ударного импульса от 20 мкс до 100 мс.

Средства измерений параметров удара применяют для измерения пиковых значений ударного ускорения в диапазоне от 1 м/с^2 до $2 \cdot 10^6 \text{ м/с}^2$, длительностей ударного импульса в диапазоне от 20 мкс до 100 мс и ударной скорости в диапазоне от 0,1 м/с до 40 м/с.

Регистраторы переходных процессов и анализаторы ударного спектра применяют для измерения и регистрации сложных ударных процессов (включая сейсмический удар) и расчета реакции системы во время и после воздействия сложного ударного процесса в диапазоне ударных ускорений от 1 м/с^2 до $2 \cdot 10^6 \text{ м/с}^2$ и в диапазоне длительностей сложных ударных процессов от 20 мкс до 100 мс.

Тестеры и анализаторы ударных импульсов применяют для измерения и анализа высокочастотных ударных импульсов сложной формы, возникающих в результате трения в деталях машин и механизмов, с пиковым значением ударного ускорения в диапазоне от – 20 дБ до 120 дБ относительно 100 мм/с^2 , с частотами заполнения ударных импульсов сложной формы в диапазоне от 24 кГц до 40 кГц и частотой повторения ударных импульсов в диапазоне от 0,1 Гц до 1100 Гц.

Средства воспроизведения энергии удара применяют для испытаний продукции различного назначения на кинетическое воздействие в диапазоне максимальных значений скорости перед соударением от 0,1 м/с до 40 м/с.

Преобразователи силы в ударном режиме и ударные молотки применяют для измерения пикового значения ударной силы в диапазоне от 0,5 Н до 10^5 Н и расчета характеристик передаточных функций систем при их модальном анализе.

6.3. Рекомендуемые доверительные границы основных относительных погрешностей средств измерений δ_0 при доверительной вероятности $p = 0,95$ составляют $\delta_0 = 2 \cdot 10^{-2} - 2 \cdot 10^{-1}$.