

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.

«24»

03

2023 г.



Государственная система обеспечения единства измерений  
МОЛОТКИ УДАРНЫЕ ДЛЯ МОДАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ 4V  
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ  
МП 204/3-08-2023

г. Москва  
2023 г.

МОЛОТКИ УДАРНЫЕ ДЛЯ МОДАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ 4V  
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ  
МП 204/3-08-2023

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

Настоящая методика распространяется на молотки ударные для модальных испытаний 4V (далее – молотки ударные), изготовленные ООО «ГТЛАБ», и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверок.

Молотки ударные 4V предназначены для измерений динамической силы, возбужденной ударом молотка по испытываемому элементу конструкции при ударных испытаниях.

Молотки ударные выпускаются в четырех модификациях: 4V301D, 4V302D, 4V303D и 4V304D, которые имеют однотипную конструкцию и различаются массогабаритными параметрами, диапазоном измерений и коэффициентом преобразования.

При определении метрологических характеристик молотков ударных используется метод косвенных измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений ускорения, скорости и силы при ударном движении, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 ноября 2021 г. № 2537.

В качестве эталона при поверке молотков ударных применяется рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 12 ноября 2021 г. № 2537, в соответствии с этим можно сделать вывод о прослеживаемости молотков ударных к Государственному первичному эталону единиц ускорения при ударном движении (ГЭТ 57-84).

Допускается возможность поверки в сокращенном объеме в поддиапазонах амплитуд. Возможность поканальной поверки для данного средства измерения (далее – СИ) не предусмотрена.

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в Таблице 1.

Таблица 1. Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта МП	Обязательность проведения операций при поверке	
		первичной	периодической
1	2	4	5
Внешний осмотр средства измерения	6	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7	да	да
Определение действительного значения коэффициента преобразования, отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и определение нелинейности амплитудной характеристики	8.1	да	да
Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям	9	да	да

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

2.1 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  $101 \pm 4$

## 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. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2. Средства поверки

Номер пункта поверки	Метрологические и технические требования к основным средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.1	Рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 12 ноября 2021 г. № 2537	Акселерометр пьезоэлектрической модели 301A12, рег. № 50255-12
	Модуль сбора данных (или регистратор из состава ударной установки): пределы абсолютной погрешности измерения напряжения $\pm(0,003 \cdot U_{вх} + 1)$ мВ в диапазоне частот от 0 до 1 кГц, неравномерность АЧХ в пределах $\pm 2\%$ в диапазоне частот от 1 до 10 кГц	Модуль сбора данных D00X (рег. № 80225-20) (или установка для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155-525 (рег. № 68875-17))

4.2 При проведении поверки необходимо применять вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3. Средства поверки

Номер пункта поверки	Метрологические и технические требования к вспомогательным средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
2.1	Средство измерений температуры от $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ с погрешностью не более $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; диапазоны измерения температуры от $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ПГ $\pm 0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; измерения относительной влажности от 10 до 95 %, ПГ $\pm 3\text{ }%$ ; измерения абсолютного давления от 300 до 1200 ГПа, ПГ $\pm 5\text{ ГПа}$	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
8.1	Весы и компараторы для взвешивания подвешиваемой массы с точностью не более $\pm 0,5\text{ }%$ от взвешиваемой массы	Компаратор МСМ 1005 (рег. № 63932-16) (при взвешивании от 2 до максимального предела измерений компаратора)
		Весы прецизионные HWI34000 (14597-03) (от 300 г до максимального предела измерений весов)

4.3 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, поверенные средства измерений утвержденного типа, обеспечивающие требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

## 5. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

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

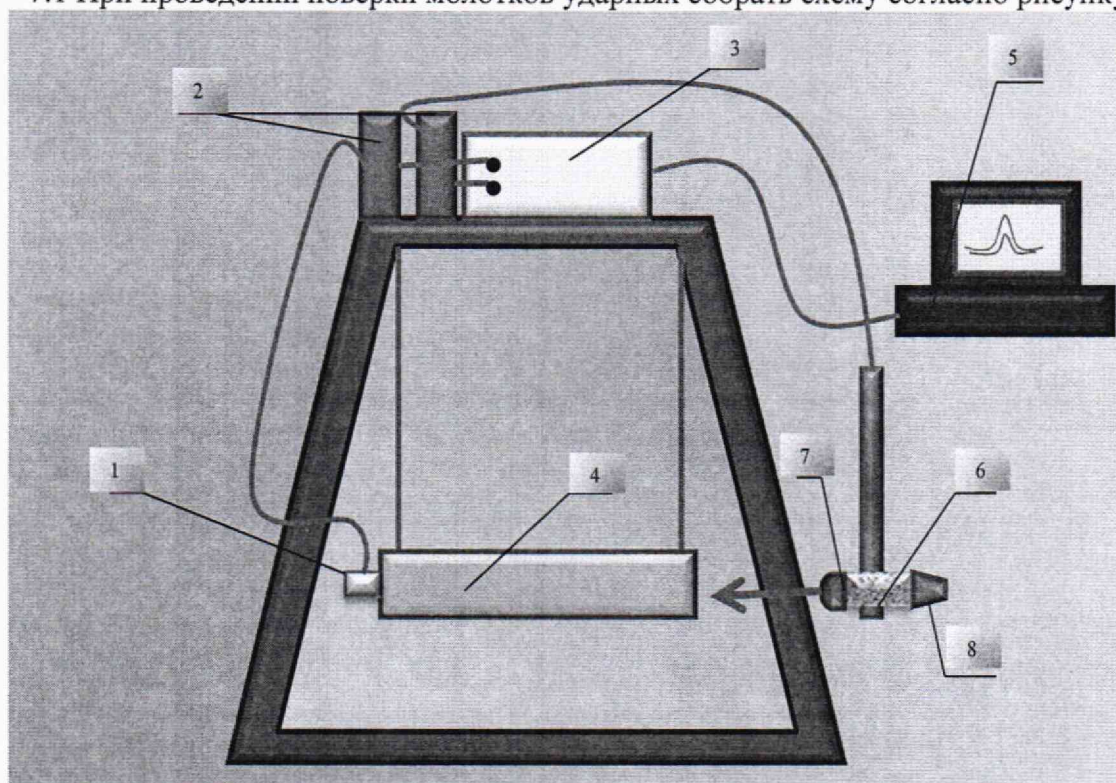
## 6. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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, молоток ударный считается непригодным к применению, поверка не производится до устранения выявленных замечаний.

## 7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении поверки молотков ударных собрать схему согласно рисунку 1.



1. Эталонный акселерометр (рабочий эталон 1-го разряда);
2. Предусилитель ИСР эталонного и поверяемого канала;
3. Регистратор ударных импульсов;
4. Подвешиваемая масса (определенная с точностью не более  $\pm 0,5\%$ );
5. Персональный компьютер;
6. Поверяемый молоток ударный.
7. Сменный наконечник из состава молотка
8. Нагрузочная масса молотка ударного

Рисунок 1 - Структурная схема проведения поверки молотков ударных.

7.2 Опробование молотков ударных провести путем выполнения следующих операций.

Собрать схему в соответствии с рисунком 1. Молотком ударным воспроизвести ударное воздействие по свободному торцу подвешенной массы (с той стороны, где не закреплен эталонный акселерометр), и убедиться, что на регистрирующем устройстве на осциллограмме (по осциллографу или по монитору ПК) выходной сигнал соответствует рисунку 2.

## 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения проводятся методом косвенных измерений, при помощи эталонного ударного акселерометра.

Измеряемая сила рассчитывается по второму закону Ньютона:

$$F = m \cdot a, \text{ Н} \quad (1)$$

где:  $m$  – масса тела (в данном случае подвешенная масса с учетом массы эталонного акселерометра);

$a$  – ускорение тела (ускорение переданное подвешенной массе при ударе поверяемым ударным молотком, регистрируемое эталонным акселерометром).

В соответствии выше сказанным определяется коэффициент преобразования ударного молотка:

$$K_f = \frac{U}{F}, \text{ мВ/Н} \quad (2)$$

где:  $U$  – выходное напряжение с поверяемого ударного молотка, мВ;

$F$  – действующая сила, определенная по уравнению (1), Н.

При использовании регистрирующей аппаратуры с аналоговым фильтром низких частот и аналоговым пиковым детектором, или цифровых регистраторов с контролем выходного параметра по напряжению расчет коэффициента преобразования поверяемого ударного молотка производится в соответствии формулами (1) и (2).

Измеренное ускорение с эталонного акселерометра рассчитывается по формуле (3):

$$a = \frac{U}{K_{\text{АЭТ}}}, \text{ м/с}^2 \quad (3)$$

где:

$U$  – напряжение с выхода эталонного акселерометра, мВ;

$K_{\text{АЭТ}}$  – коэффициент преобразования эталонного акселерометра (из свидетельства о поверке на него), мВ/(м·с<sup>-2</sup>).

При использовании цифровых регистраторов (например регистрирующей аппаратуры из состава установки для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155-525 (рег. № 68875-17)), рассчитывают коэффициент преобразования ударного молотка исходя из определенного коэффициента преобразования регистратором ударных импульсов с определенной подвешенной массой (4):

$$K_f = \frac{K_a}{m}, \text{ мВ/Н} \quad (4)$$

где:  $K_a$  – измеренный коэффициент преобразования поверяемого ударного молотка по ускорению в зависимости от подвешенной массы, мВ/(м·с<sup>-2</sup>);

$K_f$  – Рассчитываемый коэффициент преобразования поверяемого ударного молотка, мВ/Н;

$m$  – масса подвешенного груза совместно с массой эталонного акселерометра определенная с погрешностью не более  $\pm 0,5$  %.

На гибких опорах подвешивается масса (4) (цилиндрической формы), на один из торцов подвешенной массы крепится эталонный акселерометр при помощи шпильки. Общая подвешенная масса равна сумме подвешенной массы и массы эталонного акселерометра, каждая из которых определена с точностью не более  $\pm 0,5$  %.

Допускается при проведении поверки при необходимости использовать несколько различных масс разного номинала, или вывешивать эталонный акселерометр (только масса эталонного акселерометра). Подвешенную массу следует выбирать из расчета минимального ударного ускорения регистрируемого регистратором ударных импульсов и минимизации поперечного движения при ударе подвешенной массы\*.

\* Например для регистрирующей аппаратуры из состава установки для поверки и калибровки виброизмерительных преобразователей 9155-525 (рег. № 68875-17) минимальное значение регистрируемого ударного ускорения составляет  $196 \text{ м/с}^2$ , в соответствии с этим минимальная масса рассчитывается из 2-го закона Ньютона ( $m=F/a$ ), желательно подбирать массу таким образом, что бы исходя из диапазона измерений ударного ускорения регистратора можно было реализовать весь диапазон измерений поверяемого молотка ударного. Так же для минимизации поперечного движения при больших воспроизводимых силах рекомендуется выбирать более тяжелые массы.

При проведении поверки необходимо выставлять фильтры низких частот таким образом, чтобы выходной сигнал с эталонного акселерометра и поверяемого молотка ударного имели форму полусинуса в соответствии с рисунком 2 (желательный фильтр нижних частот 20 кГц).

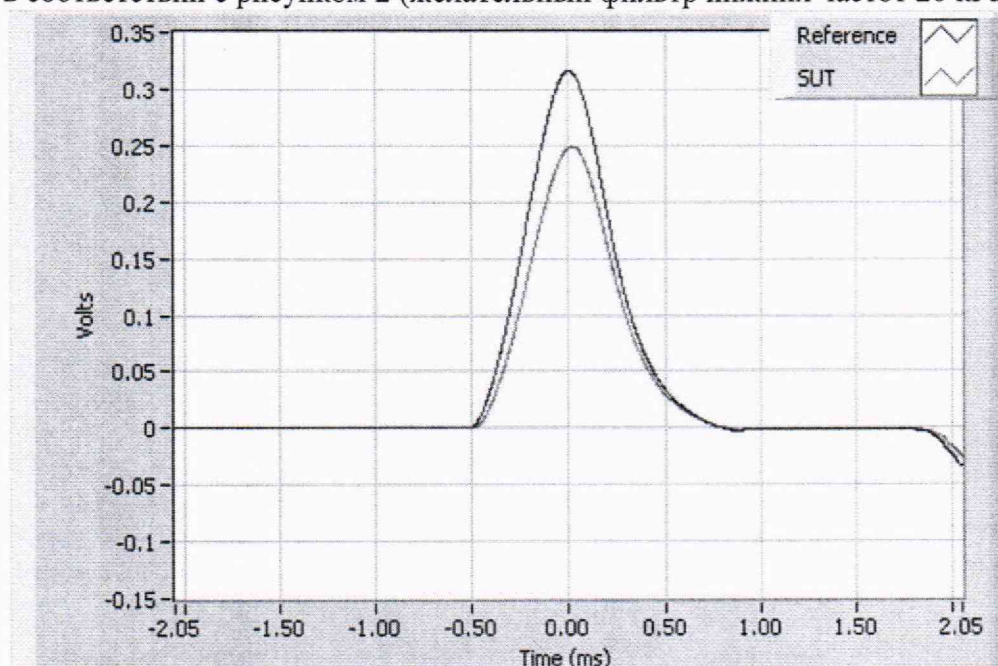


Рисунок 2 – Правильная форма сигнала с выхода эталонного акселерометра и молотка ударного при проведении поверки.

8.1 Определение действительного значения коэффициента преобразования, отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения и определение нелинейности амплитудной характеристики.

Измерения проводят поочередно с каждым сменным наконечником и накрученной нагрузочной массой из состава молотка.

Воспроизвести пять точек диапазона измерений силы при ударном воздействии с соответствующим сменным наконечником равным 20, 40, 60, 80 и 100% верхнего предела диапазона измерений. В каждой точке проводят по три измерения и определяют коэффициент преобразования молотка ударного в  $i$ -ой точке.

Коэффициент преобразования в  $i$ -ой точке равен среднему значению из трех измерений в заданной точке определенный по формуле (4).

$$K_{di} = \frac{\sum_1^n K_i}{n}, \text{ мВ/Н} \quad (4)$$

где:

$K_i$  – определенный коэффициент преобразования поверяемого молотка ударного при  $i$ -й задаваемой амплитуде при  $i$ -м измерении, мВ/Н;

$n$  – количество задаваемых измерений на  $i$ -ой амплитуде.

Действительное значение коэффициента преобразования поверяемого молотка рассчитывается по формуле (5).

$$K_d = \frac{\sum_1^n K_{di}}{n}, \text{ мВ/Н} \quad (5)$$

где:

$K_i$  – определенный коэффициент преобразования поверяемого молотка ударного при  $i$ -й задаваемой амплитуде, мВ/Н;

$n$  – количество задаваемых точек (при задании точек 20, 40, 60, 80 и 100% верхнего предела диапазона измерений количество измерений  $n=5$ ).

Отклонение действительного коэффициента преобразования от номинального значения рассчитывается по формуле (6):

$$\partial = \frac{K_d - K_n}{K_n} \cdot 100, \% \quad (6)$$

где:

$K_d$  – действительное значение коэффициента преобразования, определенное по формуле (5);

$K_n$  – номинальное значение коэффициента преобразования (из паспорта или описания типа).

Нелинейность амплитудной характеристики рассчитать по формуле (7):

$$\partial_i = \frac{K_i - K_d}{K_i} \cdot 100, \% \quad (7)$$

где:

$K_i$  – определенный коэффициент преобразования поверяемого молотка ударного при  $i$ -й задаваемой амплитуде, мВ/Н;

$K_d$  – действительное значение коэффициента преобразования, определенное по формуле (5).

Полученные значения записать в таблицу (4).

Таблица 4

Значение воспроизводимой силы, Н	Коэффициента преобразования поверяемого молотка, мВ/Н	Нелинейность амплитудной характеристики, %
$0,2 \cdot D_{в. п.}$		
$0,4 \cdot D_{в. п.}$		
$0,6 \cdot D_{в. п.}$		
$0,8 \cdot D_{в. п.}$		
$D_{в. п.}$		
$K_d =$		
$D_{в. п.}$ – верхний предел диапазона измерений поверяемого молотка ударного с соответствующим сменным наконечником, Н		

Молоток ударный считается прошедшим поверку по данному пункту, если:



- отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения не превышает:  $\pm 20\%$ ;
- нелинейность амплитудной характеристики не превышает:
  - для модификаций 4V301D и 4V304D:  $\pm 4,5\%$ ;
  - для модификации 4V302D:  $\pm 6\%$ ;
  - для модификации 4V303D:  $\pm 4\%$ .

## 9. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

9.1 Определение границ основной относительной погрешности при доверительной вероятности  $p=0,95$ .

Определить в каждой точке максимальное отклонение от среднего значения, каждого из трех коэффициентов преобразования по которым рассчитывалось среднее значение по формуле (8):

$$\partial_{max} = \max \frac{K_i - K_{di}}{K_{di}} \times 100, \% \quad (8)$$

где:

$K_i$  – определенный коэффициент преобразования поверяемого молотка ударного при  $i$ -й задаваемой амплитуде при  $i$ -м измерении, мВ/Н;

$K_{di}$  – среднее значение коэффициента преобразования поверяемого молотка ударного при  $i$ -й задаваемой амплитуде, определенное по формуле (4).

Взять максимальное отклонение по всем задаваемым точкам.

Доверительные границы относительной погрешности рассчитываются по формуле (9):

$$\partial = 1,1 \sqrt{\partial_{max}^2 + \partial_l^2 + \partial_{l_{эт}}^2 + \partial_{напр}^2 + \partial_m^2} \quad (9)$$

где:

$\partial_{max}$  – максимальное отклонение, определенное по формуле (8);

$\partial_l$  – максимальное значение нелинейности поверяемого молотка ударного;

$\partial_{l_{эт}}$  – значение нелинейности эталонного акселерометра;

$\partial_{напр}$  – погрешность измерения напряжения выходных сигналов, данная составляющая пренебрежительно мала и может не учитываться;

$\partial_m$  – погрешность определения подвешенной массы.

Молотки ударные считаются прошедшими поверку, если:

**Для модификаций 4V301D и 4V304D**

Доверительные границы основной относительной погрешности при доверительной вероятности  $p=0,95$  не превышают  $\pm 9,5\%$

**Для модификации 4V302D**

Доверительные границы основной относительной погрешности при доверительной вероятности  $p=0,95$  не превышают  $\pm 10,5\%$

**Для модификаций 4V303D**

Доверительные границы основной относительной погрешности при доверительной вероятности  $p=0,95$  не превышают  $\pm 9\%$

## 10. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Молоток ударный, прошедший поверку с положительным результатом, признается пригодным к эксплуатации и допускаются к применению.

10.2 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений.

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

10.4 Результаты поверки молотка ударного передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.5 На обратной стороне свидетельства о поверки указываются действительные значения коэффициента преобразования молотка с соответствующим сменным наконечником.

Начальник отдела 204



А.Г. Волченко