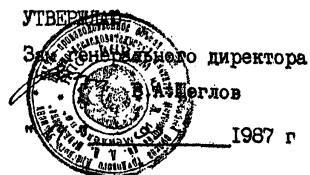


ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

НПО "ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИИ им.Д.И.Менделеева"

(НПО "ВНИИМ им.Д.И.Менделеева")



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Акселерометры ударные

Методика поверки

МИ 1826-88

Ленинград

1987

РАЗРАБОТАНЫ научно-производственным объединением НПО

"ВНИИМ им.Д.И.Менделеева"

ИСПОЛНИТЕЛЬ С.М.Бенедиктов, канд. техн. наук

ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ сектором законодательной метрологии

НПО "ВНИИМ им.Д.И.Менделеева"

Начальник сектора

М. Н. Селиванов

Ведущий инженер

И. А. Евреинов

Старший инженер

Е. А. Соколова

УТВЕРЖДЕНЫ НПО "ВНИИМ им.Д.И.Менделеева"

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Акселерометры ударные

Методика поверки

МИ 182-88

Взамен ГОСТ 8.049-73

Дата введения 1988.11.01

Настоящие методические указания (далее - МИ) распространяются на ударные акселерометры (УА) и образцовые пиковые УА и устанавливают методику первичной поверки УА и методику периодической поверки УА и образцовых пиковых УА.

Экспериментальное определение коэффициента преобразования по заряду при метрологической аттестации УА в качестве образцового пикового УА следует проводить по методике настоящих МИ. Порядок проведения метрологической аттестации - по МИ 1318-86.

В состав УА входят следующие средства измерений (СИ):
пьезоэлектрический измерительный преобразователь (ИП);
согласующий усилитель зарядов (УЗ) или согласующий усилитель напряжения (УН);

регистрирующее устройство (РУ), измеряющее пиковое значение напряжения на выходе УЗ или УН.

Согласующий усилитель (УЗ или УН) и РУ могут составлять единое прямопоказывающее устройство (ПУ).

Допускается поверка ИП с УЗ (УН) и РУ, не входящими в комплект УА.

Настоящие МИ не распространяются на РУ, методика поверки которых определена другими нормативными документами (НТД).

I. ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

I.1. При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции и применены средства поверки с характеристиками, указанными в табл. I.

Таблица I

Наименование операции	Номер пункта МИ	Наименование средств поверки и их нормативно-технические характеристики
Внешний осмотр	4.1.	-
Опробование	4.2.	Термометр по ГОСТ 23706-79; цифровой измеритель t , C , R по ГОСТ 19876-81; генератор сигналов с частотой 0,01 - 100 000 Гц по ГОСТ 23767-79; электронный вольтметр переменного тока класса точности 0,5 - 1,5; конденсатор керамический К10-7В-М/500-1000 пФ $\pm 1\%$; осциллограф электронный по ГОСТ 22737-77.
Измерение коэффициента преобразования по заряду ИП УА в составе ИП и УЗ (УН)	4.3.1.	Государственный специальный эталон (ГСЭ); образцовые установки I-го (2-го) разряда в соответствии с ГОСТ 8.137-84
Определение основной относительной погрешности УА в составе ИП и ПУ	4.3.2.	Образцовые установки I-го (2-го) разряда в соответствии с ГОСТ 8.137-84 (далее - установки)

I.2. Все средства поверки должны иметь свидетельства о поверке или метрологической аттестации.

2. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

2.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие требования безопасности:

выполняться меры безопасности, изложенные в НТД на поверяемые УА и средства поверки;

к проведению поверки допускаться лица, изучившие указанные выше НТД, прошедшие специальный инструктаж и имеющие удостоверения на право работы на электроустановках с соответствующим напряжением;

соблюдаться "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утвержденные Госэлектронadzором.

3. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

3.1. При проведении поверки должны быть соблюдены условия, предусмотренные ГОСТ 8.395-80.

3.2. Должно быть проверено наличие комплекта эксплуатационной документации и свидетельства о предыдущей поверке (аттестации), предъявляемого к поверке УА.

3.3. Согласующие усилители (УЗ или УН) и ПУ поверяемого УА должны иметь свидетельства о поверке.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

4.1. Внешний осмотр

4.1.1. При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемого УА следующим требованиям:

полнота комплектности и маркировка СИ УА должны соответствовать.

требованиям, установленным в НТД;

СИ поверяемого УА не должны иметь механических повреждений.

4.1.2. При невыполнении требований п.4.1.1 УА считают непригодным и на него выдают извещение о непригодности с указанием причин.

4.2. Опробование

4.2.1. Измеряют сопротивление изоляции ($R_{ил}$) и емкость ($C_{ил}$) ИП с соединительным кабелем с помощью тераомметра и цифрового измерителя соответственно. При соответствии полученных значений $R_{ил}$ и $C_{ил}$ указанным в НТД на ИП их заносят в протокол (приложения 1 или 2).

4.2.2. Проверяют работоспособность УА с помощью осциллографа по наличию выходного сигнала УА при постукивании по основанию ИП в направлении основной чувствительности ИП.

4.2.3. Проверяют значение коэффициента преобразования УЗ (коэффициента передачи УН) на соответствие указанному в свидетельстве о Поверке.

Для УЗ от генератора через последовательно соединенный конденсатор C , емкость которого предварительно измеряют с помощью цифрового измерителя, подают напряжение частотой 1000 Гц в пределах диапазона измерений УЗ.

Измеряют напряжения на выходе генератора и выходе УЗ с помощью электронного вольтметра.

Коэффициент преобразования УЗ рассчитывают по формуле

$$K_n = \frac{U_2 \cdot 10^3}{U_1 \cdot C}, \quad (1)$$

где K_n - коэффициент преобразования УЗ, мВ/пКл;

U_1, U_2 - напряжения на выходах генератора и УЗ соответственно, мВ;

C – значение емкости конденсатора, пФ.

Для УН выполняют те же операции, но без конденсатора, и коэффициент передачи определяют по формуле

$$K = \frac{U_2}{U_1} \quad (2)$$

Для каждого положения переключателя коэффициента преобразования УЗ (коэффициента передачи УН) выполняют одно измерение.

Проверяют соответствие измеренных значений K_n (K) указанным в свидетельстве о поверке на УЗ (УН).

4.3.4. При получении отрицательных результатов опробования дальнейшую поверку УА прекращают и выдают на него извещение о непригодности с указанием причин.

4.3. Определение метрологических характеристик

4.3.1. Измерение коэффициента преобразования по заряду ИП УА в составе ИП и УЗ (УН).

4.3.1.1. Закрепляют ИП поверяемого УА на посадочном месте установки в соответствии с требованиями НТД на ИП и производят соединение составных частей УА.

Выбирают по НТД на установку режимы (сочетания α_n – пикового значения и τ_f – длительности фронта ударного ускорения), в диапазоне измерений УА.

Число m выбранных режимов должно быть не менее трех, а для случая $\frac{\alpha_{nM}}{\alpha_{nm}} \geq 1000$, где α_{nM} , α_{nm} – наибольшее и наименьшее соответственно ускорение диапазона измерений УА, не менее четырех.

4.3.1.2. Воспроизводят в соответствии с НТД на установку ускорение на каждом из выбранных по п.4.3.1.1 режимов три раза, измеряя при этом пиковые значения напряжения на выходе УА.

4.3.1.3. Определяют коэффициент преобразования ИП по заряду при i -м ($i = 1, 2, 3, \dots, 3m$) измерении по формуле (3) при проверке УА в составе ИП и УЗ или по формуле (4) при проверке УА в составе ИП и УН.

$$S_q = \frac{U_{ni}}{a_{ni} \cdot K_n} \quad (3)$$

$$S_q = \frac{U_{ni} \cdot C_z \cdot 10^{-3}}{a_{ni} \cdot K} \quad (4)$$

где S_{qi} - коэффициент преобразования по заряду ИП при i -м измерении, пКл.с²/м;

U_{ni} - пиковое значение напряжения на выходе УА, мВ;

a_{ni} - ускорение, воспроизведенное установкой при i -м измерении, м/с²;

K_n - коэффициент преобразования УЗ, мВ/пКл;

C_z - суммарная емкость ИП, соединительного кабеля и входа УН, пФ;

K - коэффициент передачи УН.

Есливеряемый УА состоит из ИП и УН с градуировочной емкостью, то коэффициент преобразования ИП по заряду при i -м измерении определяют по формуле

$$S_q = \frac{U_{ni} \cdot C_r \cdot 10^{-3}}{a_{ni}} \quad (5)$$

где U_{ni} - пиковое значение напряжения на выходе генератора, которое компарируется на экране запоминающего осциллографа с пиковым значением напряжения выхода УН, мВ;

C_r - значение градуировочной емкости УН, пФ.

4.3.1.4. Определяют по формуле (6) \bar{S}_q - среднее значение коэффициента преобразования ИПверяемого УА по заряду в n ко-

кулон-секунда в квадрате на метр, а по формуле (7) $\overline{\sigma}_q$ - среднее квадратическое отклонение (СКО) результата измерения этого коэффициента в процентах.

$$\overline{S}_q = \frac{1}{3m} \sum_{i=1}^{3m} S_{qi} \quad (6)$$

$$\overline{\sigma}_q = \frac{100}{\overline{S}_q} \sqrt{\frac{1}{3m(3m-1)} \sum_{i=1}^{3m} (S_{qi} - \overline{S}_q)^2}, \quad (7)$$

где m - число режимов установки, на которых проводилась поверка УА.

4.3.1.5. Определяют δ_r - доверительную относительную погрешность измерения коэффициента преобразования поверяемого ИП (в процентах) при доверительной вероятности 0,95 по приведенному графику.

Доверительную погрешность δ_r находят как проекцию на вертикальную ось графика точки пересечения вертикальной прямой, соответствующей найденному в п 4.3.1.4 значению $\overline{\sigma}_q$, и линии с определенным значением θ (в процентах). Последнее значение зависит от разряда установки, на которой проводят поверку УА, и является доверительной погрешностью установки из свидетельства о метрологической аттестации. Значения θ приведены в табл.2.

Таблица 2

Установка	Значения θ , % при длительности фронта	
	более 25 мкс, менее 10 000 мкс	25 мкс и менее, 10 000 мкс и более
ГСЭ	3,5 - 4,5	4 - 5
ОСИ-1	6 - 8	7 - 10
ОСИ-2	8 - 10	-

4.3.1.6. Значение коэффициента преобразования ИП УА записывают в протокол (приложение I) по форме:

$$S_q = \bar{S}_q \left(1 \pm \frac{\delta_\Gamma}{100} \right) \text{ пКл} \cdot \text{с}^2 / \text{м}, \quad P = 0,95$$

Если в поверочной схеме для СИ доверительная относительная погрешность определена равной 0,9, то значение коэффициента преобразования ИП УА, записывают в тот же протокол по форме

$$S_q = \bar{S}_q \left(1 \pm 0,8 \frac{\delta_\Gamma}{100} \right) \text{ пКл} \cdot \text{с}^2 / \text{м}, \quad P = 0,95$$

где δ_Γ - доверительная относительная погрешность, найденная по п 4.3.1.5.

В приложении 3 приведены примеры записи результатов определения значений S_q при меньших, чем 0,9, доверительных вероятностях.

4.3.2. Определение основной относительной погрешности УА в составе ИП и ПУ:

4.3.2.1. Определяют коэффициент преобразования по заряду ИП в УА (УН), входящим в состав установки, в соответствии с п 4.3.1.

4.3.2.2. Рассчитывают коэффициент преобразования по напряжению ИП по формуле

$$S_{и} = \frac{\bar{S}_q}{C_{ип}} \cdot 10^3 \quad (8)$$

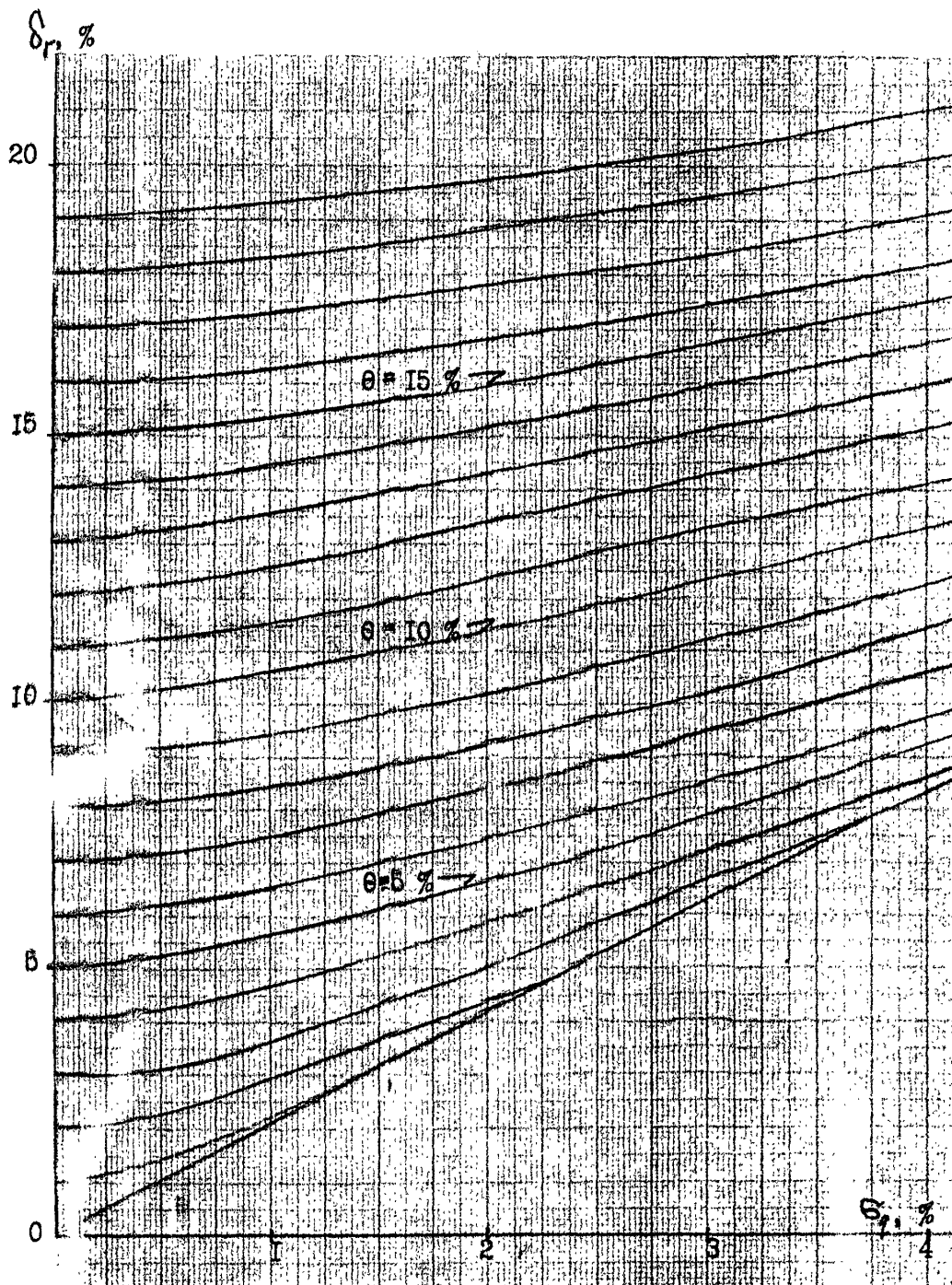
где $S_{и}$ - коэффициент преобразования ИП с соединительным кабелем, мВ.с²/м;

$C_{ип}$ - емкость ИП с соединительным кабелем, определенная по п 4.2.1., пФ.

4.3.2.3. Подключают ИП, не устанавливая его на посадочное место установки, ко входу ПУ и проводят электрическую калибровку ПУ в соответствии с НТД на ПУ. При этом должна обеспечиваться возможность установки стрелки индикаторного прибора ПУ на указан-

ГРАФИК
определения δ_r - относительной доверительной
погрешности по измеренному значению S_q при
известном значении θ

9



ПУ считают непригодным, дальнейшую поверку прекращают, и на-ль
выдают извещение о непригодности.

4.3.2.4. Повторяют операции п 4.3.1.1.

4.3.2.5. На каждом из m выбранных в п 4.3.2.4 режимов воспро-
изводят a_{ni} - ускорение в метрах на секунду в квадрате и снимают
отсчет по шкале индикаторного прибора ПУ - $a_{пу}$, добиваясь при
каждом из m ($i = 1, 2, \dots, m$) измерений выполнения условия
 $a_{пу_i} \geq \frac{2}{3} a_{пум}$, где $a_{пум}$ - предельное значение ускорения,
отсчитываемое по шкале прибора ПУ.

4.3.2.6. Определяют значение σ_q - СКО в процентах отсчета
ускорения по шкале прибора ПУ по формуле

$$\sigma_q = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m \left(\frac{a_{пу_i} - a_{ni}}{a_{ni}} \right)^2} \cdot 100, \quad (9)$$


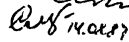
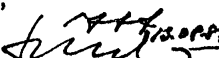
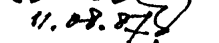
4.3.2.7. Определяют δ_r - доверительную погрешность ускорения,
отсчитываемого по шкале прибора ПУ, при доверительной вероятности
0,95 или 0,9, пользуясь указаниями пп 4.3.1.5., 4.3.1.6.

5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

5.1. Положительные результаты поверки (метрологической ат-
тестации) оформляют свидетельством по форме, установленной Госстан-
дартом. На оборотной стороне свидетельства записывают результаты
измерений по форме, приведенной в приложении 4.

5.2. При отрицательных результатах поверки дальнейшее приме-
нение УА запрещают. На УА выдают извещение о непригодности с
указанием причин.

Начальник сектора
законодательной метрологии
Начальник отдела 252
Начальник сектора 2522,
руководитель темы
Исполнитель


М.Н. Селиванов

В.А. Балалаев

Н.Н. Кованина

С.М. Бенедиктов
11.08.87

Ф О Р М А
 протокола поверки УА в составе ИП и УЗ (УН)

ПРОТОКОЛ

поверки ударного акселерометра (образцового пикового ударного акселерометра) в составе ИП № _____ типа _____ и УЗ № _____ типа (УН № _____ типа _____)

" " _____ 198 г

1. Сопротивление ИП $R_{ин} =$ _____ ГОм (МОм). Тераомметр № _____ типа _____
2. Емкость ИП с соединительным кабелем № _____ $C_{ин} =$ _____ пФ.
 Цифровой измеритель № _____ типа _____
3. Суммарная емкость $C_{\Sigma} =$ _____ пФ.
4. Градуировочная емкость $C_{г} =$ _____ пФ.
5. Коэффициент преобразования $K_n =$ _____ мВ/пКл.
6. Коэффициент передачи $K =$ _____

Воспроизводимое ускорение	$U_{ли},$ мВ	S_{qi} пКл.с ² /м	$\bar{S}_q,$ пКл.с ² /м $S_q, \%$
$a_n, \quad \Sigma \varphi,$ м/с ² мкс.			

$\bar{S}_q =$ _____ (I \pm _____) пКл.с²/м, P =

Обязательное

Ф О Р М А
протокола поверки УА в составе ИП и ПУ

ПРОТОКОЛ

поверки ударного акселерометра в составе ИП № _____
 типа _____ с соединительным кабелем № _____ и
 прямопоказывающего устройства № _____ типа _____
 " " _____ 198 г

1. Сопротивление ИП $R_{ин} =$ _____ ГОм (МОм). Тераомметр № _____
 типа _____
2. Емкость ИП с соединительным кабелем № _____ $C_{ин} =$ _____ пФ.
 Цифровой измеритель № _____ типа _____
3. Коэффициент преобразования по напряжению ИП с соединительным
 кабелем № _____ $S_{и} =$ _____ мВ.с²/м.

Воспроизводимое ускорение		$a_{ни},$	$a_{пн},$	$a_{ни} - a_{пн}$	
$a_{н},$	$\Sigma \varphi,$	м/с ²	м/с ²	м/с ²	$\sigma \varphi, \%$
м/с ²	мкс				

Доверительная погрешность _____ %, $P =$

Примеры определения метрологических характеристик поверяемых СИ

1. Поверка ИП на ГСЭ, $\theta = 5\%$. Производилось три измерения на 5 режимах ($\tau_p = 18, 25, 50, 100, 200$ мкс).

Коэффициент преобразования УЗ $K_n = 1,06$ мВ/пКл, (для режимов с $A_n = 4 \cdot 10^3, 1 \cdot 10^3$ м/с² $K_n = 9,85$ мВ/пКл),

Напряжения выхода УЗ U_{ni} : 1140; 1135; 1140; 325; 320; 318; 64; 66; 65; 118; 118; 30; 30; 30 мВ.

Значение коэффициента преобразования (умноженное на 10^{-3}) S_{qi} : 3,50; 3,72; 3,65; 3,17; 3,02; 3,00; 3,02; 3,11; 3,06; 3,07; 3,06; 3,08; 3,05; 3,05; 3,05 пКл.с²/м.

По формуле (6) $\bar{S}_q = 3,17 \cdot 10^{-3}$ пКл.с²/м, а по формуле (7) $S_q = 1,65\% = 1,7\%$. По графику $\delta_r = 6\%$. Результат измерения записывается в виде: $\bar{S}_q = 3,17 (1 \pm 0,06) \cdot 10^{-3}$ пКл.с²/м, $P = 0,95$.

Если в этом примере исключить режим с $\tau_p = 18$ мкс, то первые три числа в последовательности значений U_{ni} и S_{qi} учитывать не надо, и получатся следующие значения $\bar{S}_q = 3,07 \cdot 10^{-3}$ пКл.с²/м; $S_q = 0,4\%$, $\delta_r = 5\%$. Результат измерения запишется в виде: $\bar{S}_q = 3,07 (1 \pm 0,05) \cdot 10^{-3}$ пКл.с²/м, $P = 0,95$.

2. Пример определения коэффициента преобразования по заряду ИП на ОСИ-I, $\theta = 7\%$.

Поверялся УА в составе ИП и УЗ. Коэффициент преобразования УЗ $K_n = 1,05$ мВ/пКл.

Пиковые значения напряжения на выходе УЗ (три измерения на четырех режимах): 50; 50; 51; 520; 530; 525; 725; 740; 730; 1080; 1150; 1080 мВ.

Пиковые значения ускорения при этом имели значения:
26,3; 26,0; 26,5; 273,6; 275,0; 280,0; 380,8; 385,3; 381,2;
568,3; 578,0; 570,0 м/с².

По формуле (3) находим значения \bar{S}_q при i -м ($i=1,2,3,\dots,12$) измерении: 1,81; 1,83; 1,83; 1,82; 1,82; 1,85; 1,81; 1,83; 1,82; 1,81; 1,83; 1,80 пКл.с²/м.

По формуле (6) определяем среднее значение $\bar{S}_q = 1,82$ пКл.с²/м, и по формуле (7) СКО этого коэффициента $\sigma_q = 0,4$ %. По графику $\sigma_r \approx 7,5$ % ≈ 8 %.

Результат измерения записывается в виде

$$\bar{S}_q = 1,82 (1 \pm 0,08) \text{ пКл.с}^2/\text{м}, \quad P = 0,95.$$

3. Пример определения доверительной погрешности УА в составе ИП и ПУ (типа 00034) на ОСИ-2, $\sigma = 8$ %.

В результате измерения коэффициента преобразования ИП (три измерения на четырех режимах) получены следующие значения $\bar{S}_q i$: 0,66; 0,59; 0,62; 0,62; 0,56; 0,60; 0,62; 0,56; 0,63; 0,63; 0,60; 0,59 пКл.с²/м. Это дает $\bar{S}_q = 0,60$ пКл.с²/м.

Емкость ИП с соединительным кабелем $C_{ип} = 780$ пФ. Тогда

$$S_{и} = \frac{0,60}{780} 10^3 = 0,77 \text{ мВ.с}^2/\text{м}.$$

В соответствии с НГД на 00034 находим значение ускорения, которое надо выставить на шкале прибора:

$$a_{\text{п}} = \frac{100}{S_{и}} = \frac{100}{0,77} = 130 \text{ м/с}^2$$

Значения $a_{п i}$ и $a_{п i}$ на четырех режимах получены следующими:

$a_{п i}$: 48, 223, 1050, 2030 м/с²; $a_{п i}$: 48,7; 225,8; 1070,0; 2081,0 м/с². Отсюда $\sigma_q = 1,54$ %, и по графику $\sigma_r = 9$ %.

Доверительная погрешность отсчитываемого по ПУ ускорения

$$\sigma_r = 9 \text{ \% при } P = 0,95.$$

4. Если в приведенных выше примерах результаты измерений определять с доверительными вероятностями, меньшими, чем 0,95 (0,90; 0,80; 0,68), то запись результатов измерений должна быть следующей.

4.1. В примере I для первого случая:

$$S_q = 3,17 (1 \pm 0,8.0,06) \cdot 10^{-3} = 3,17 (1 \pm 0,06) \cdot 10^{-3} \text{ пКл.с}^2/\text{м}, P=0,9;$$

$$S_q = 3,17 (1 \pm 0,7.0,06) \cdot 10^{-3} = 3,17 (1 \pm 0,04) \cdot 10^{-3} \text{ пКл.с}^2/\text{м}, P=0,8;$$

$$S_q = 3,17 (1 \pm 0,4.0,06) \cdot 10^{-3} = 3,17 (1 \pm 0,02) \cdot 10^{-3} \text{ пКл.с}^2/\text{м}, P=0,68.$$

В том же примере с исключенным режимом $\tau_p = 18$ мкс:

$$S_q = 3,07 (1 \pm 0,04) \cdot 10^{-3} \text{ пКл.с}^2/\text{м}, P = 0,9;$$

$$S_q = 3,07 (1 \pm 0,03) \cdot 10^{-3} \text{ пКл.с}^2/\text{м}, P = 0,8;$$

$$S_q = 3,07 (1 \pm 0,02) \cdot 10^{-3} \text{ пКл.с}^2/\text{м}, P = 0,68.$$

4.2. В примере 2:

$$S_q = 1,82 (1 \pm 0,06) \text{ пКл.с}^2/\text{м}, P = 0,9;$$

$$S_q = 1,82 (1 \pm 0,06) \text{ пКл.с}^2/\text{м}, P = 0,8;$$

$$S_q = 1,82 (1 \pm 0,03) \text{ пКл.с}^2/\text{м}, P = 0,68.$$

4.3. В примере 3: $\delta r = 7\%$, $P = 0,9$; $\delta r = 6\%$, $P = 0,8$;

$$\delta r = 4\%, P = 0,68.$$

Ф О Р М А

записи на оборотной стороне свидетельства
о государственной поверке (метрологической
аттестации) УА в составе ИП и УЗ (УН)

Коэффициент преобразования по заряду измерительного преобразо-
вателя в указанном диапазоне пиковых значений ударного ускорения

$$S_q = \text{---} (I \pm \text{---}) \text{ пКл.с}^2/\text{м}, P =$$

Поверитель _____

Ф О Р М А

записи на оборотной стороне свидетельства
о государственной поверке УА в составе ИП
с соединительным кабелем и ПУ

Коэффициент преобразования по напряжению ИП № _____ с соеди-
нительным кабелем № _____ $S_u = \text{---}$ мВ.с²/м.

Суммарная емкость ИП и кабеля $C_{инт} = \text{---}$ пФ.

Значение ускорения, отсчитываемое по стрелочному прибору,
имеет доверительную погрешность _____%, P =

Поверитель _____