ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

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

(НПО "ВНИИМ им.Д.И.Менделеева")

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора

В.Н.Шеглов

1987 г

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Акселерометры ударные

Методика поверки

МИ 1826-88

Ленинград

1987

gost.e-ecolog.ru

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.I. 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.I.	-
Опробование	4.2.	Тераомметр по ГОСТ 23706-79; цифровой измеритель L, C, R по ГОСТ I9876-8I; генератор сигналов с частотой 0,0I - I00 000 Гц по ГОСТ 23767-79; электронный вольтметр переменного тока класса точности 0,5 - I,5; конденсатор керамический КIO-7В-М/500-I000 пФ ± I %; осциллограф электронный по ГОСТ 22737-77.
Измерение коэффициента преобразования по заряду ИП УА в составе ИП и УЗ (УИ)	4.3.I.	Государственный специальный эталон (ГСЭ); образцовые установки I-го (2-го) разряда в соответствии с ГОСТ 8.I37-84
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.I37-84 (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 Госэлектронадзором.

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:

комплектность и маркировка СИ УА должны соответствов

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 ($R_{ип}$) и емкость ($C_{ип}$) ИП с соединительным кабелем с помощью тераомметра и цифрового измерителя соответственно. При соответствии полученных значений $R_{ип}$ и $C_{ип}$ 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

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

где $K_п$ - коэффициент преобразования УЗ, мВ/пКл;

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

С - значение емкости конденсатора, пФ.

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

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

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

Проверяют соответствие измеренных значений $K_и$ (К) указанным в свидетельстве о поверке на УЗ (УН).

4.2.4. 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 $a_п$ - пикового значения и $\tau_ф$ - длительности фронта ударного ускорения), в диапазоне измерений УА.

Число m выбранных режимов должно быть не менее трех, а для случая $\frac{a_{пм}}{a_{пт}} \geqslant 1000$, где $a_{пм}$, $a_{пт}$ - 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.I.3. Определяют коэффициент преобразования ИП по заряду при i-м (i = I, 2, 3, ..., $3m$) измерении по формуле (3) при поверке УА в составе ИП и УЗ или по формуле (4) при поверке УА в составе ИП и УН.

$$S_{qi} = \frac{U_{ni}}{a_{ni} \cdot K_n} \qquad (3)$$

$$S_{qi} = \frac{U_{ni} \cdot C_{\Sigma} \cdot 10^{-3}}{a_{ni} \cdot K} \quad , \qquad (4)$$

где S_{qi} - коэффициент преобразования по заряду ИП при i-м измерении, пКл.с^2/м;

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

a_{ni} - ускорение, воспроизведенное установкой при i-м измерении, м/с^2;

K_n - коэффициент преобразования УЗ, мВ/пКл;

C_{Σ} - суммарная емкость ИП, соединительного кабеля и входа УН, пФ;

K - коэффициент передачи УН.

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

$$S_{qi} = \frac{U_{nri} \cdot C_r \cdot 10^{-3}}{a_{ni}} \quad , \qquad (5)$$

где U_{nri} - 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.I.4. Определяют по формуле (6) $\overline{S}_q$ - среднее значение коэффициента преобразования ИП поверяемого УА по заряду в ли-

кулон-секунда в квадрате на метр, а по формуле (7) σ_q - среднее квадратическое отклонение (СКО) результата измерения этого коэффициента в процентах.

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

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

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

4.3.I.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.I.4 значению σ_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 I0 000 мкс	25 мкс и менее, I0 000 мкс и более
ГСЭ	3,5 - 4,5	4 - 5
ОСИ-I	6 - 8	7 - I0
ОСИ-2	8 - I0	-

4.3.I.6. Значение коэффициента преобразования ИП УА записывают в протокол (приложение I) по форме:

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

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

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

где $\delta_г$ – доверительная относительная погрешность, найденная по п 4.3.I.5.

В приложении 3 приведены примеры записи результатов определений 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.I. Определяют коэффициент преобразования по заряду ИП с УВ (УН), входящим в состав установки, в соответствии с п 4.3.I.

4.3.2.2. Рассчитывают коэффициент преобразования по напряжению ИП по формуле

$$S_и = \frac{\overline{S}_q}{C_{ип}} \cdot 10^3 \qquad (8)$$

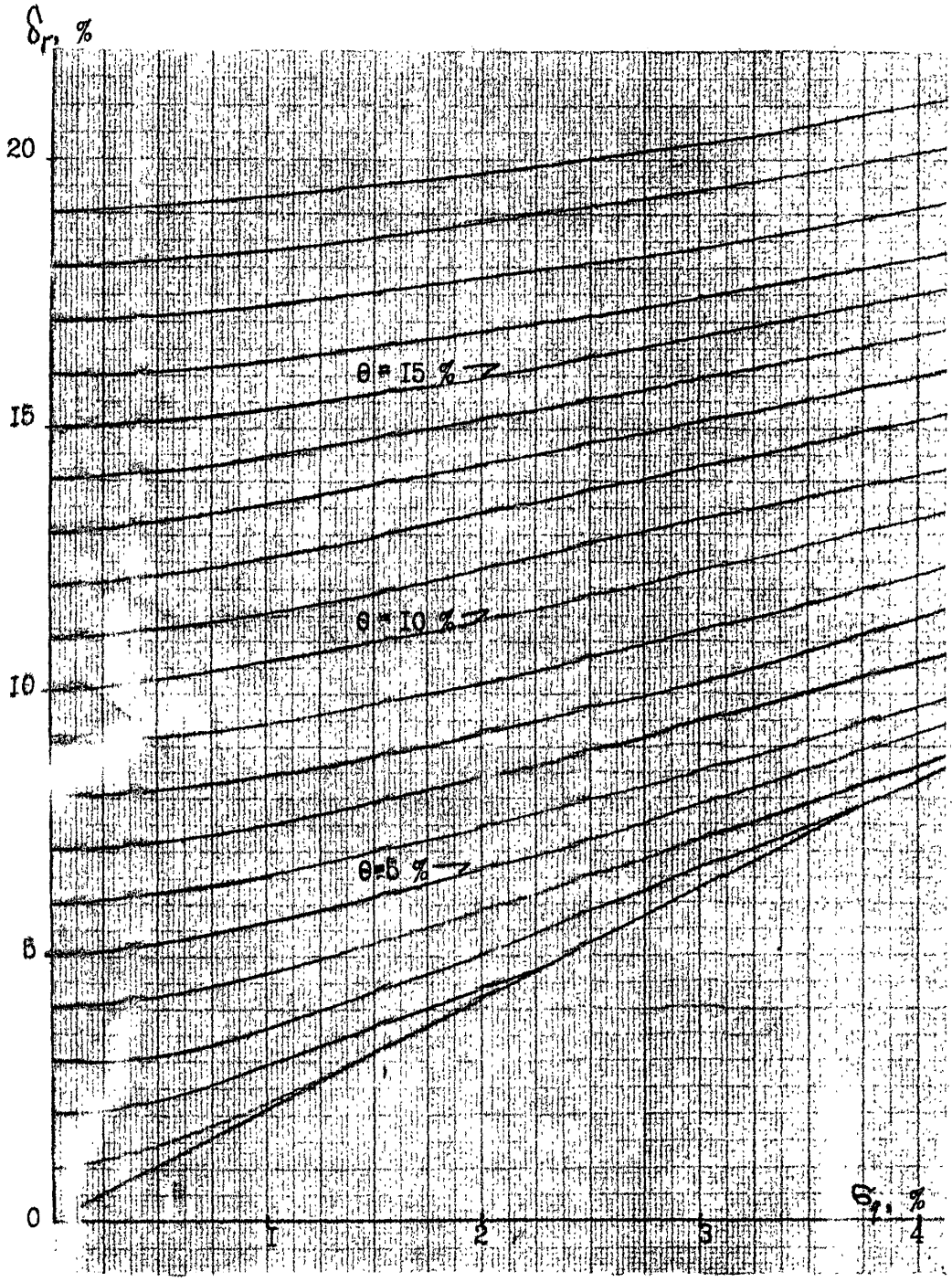
где $S_и$ – коэффициент преобразования ИП с соединительным кабелем, мВ.с^2/м;

$C_{ип}$ – емкость ИП с соединительным кабелем, определенная по п 4.2.I., 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 σ_q при известном значении θ



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

4.3.2.4. Повторяют операции п 4.3.I.I.

4.3.2.5. На каждом из m выбранных в п 4.3.2.4 режимов воспроизводят $a_{пi}$ - ускорение в метрах на секунду в квадрате и снимают отсчет по шкале индикаторного прибора ПУ - $a_{пу}$, добиваясь при каждом из m ($i = 1,2,\ldots,m$) измерений выполнения условия $a_{пуi} \geq \frac{2}{3} a_{пуМ}$, 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

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

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.I.5., 4.3.I.6.

5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

5.I. Положительные результаты поверки (метрологической аттестации) оформляют свидетельством по форме, установленной Госстандартом. На оборотной стороне свидетельства записывают результаты измерений по форме, приведенной в приложении 4.

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

Начальник сектора законодательной метрологии — М.Н.Селиванов

Начальник отдела 252 — В.А.Балалаев

Начальник сектора 2522, руководитель темы — Н.Н.Кованина

Исполнитель — С.М.Бенедиктов

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Обязательное

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_____)

" " _____I98 г

I. Сопротивление ИП $R_{ип}$=_____ ГОм (МОм). Тераомметр №_____ типа _____

2. Емкость ИП с соединительным кабелем №_____ $C_{ип}$=_____пФ. Цифровой измеритель №_____ типа _____

3 Суммарная емкость C_{Σ} = _____ пФ.

4. Градуировочная емкость $C_{г}$ = _____ пФ.

5. Коэффициент преобразования $K_{п}$ = _____ мВ/пКл.

6. Коэффициент передачи K = _____

Воспроизводимое ускорение a_n, м/с^2 · $\tau_ф$, мкс	$U_{пi}$, мВ	S_{qi} пКл.с^2/м	$\bar{S}_q$, пКл.с^2/м σ_q, %

$\bar{S}_q$ = _____ (I ± _____) пКл.с^2/м, P =

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

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 $R_{ип}$ = _____ ГОм (МОм). Тераомметр №_____ типа _____

2. Емкость ИП с соединительным кабелем №_____ $C_{ип}$ = _____ пФ. Цифровой измеритель №_____ типа _____

3. Коэффициент преобразования по напряжению ИП с соединительным кабелем №_____ S_u = _____ мВ.с^2/м.

Воспроизводимое ускорение $a_п$, м/с^2	$\tau_ф$, мкс	$a_{пуi}$, м/с^2	$a_{пi}$, м/с^2	$a_{пуi}-a_{пi}$ м/с^2	σ_q, %

Доверительная погрешность _____ %, P =

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Справочное

Примеры определения метрологических характеристик поверяемых СИ

I. Поверка ИП на ГСЭ, θ = 5 %. Производилось три измерения на 5 режимах (τ_φ= I8, 25, 50, I00, 200 мкс).

Коэффициент преобразования УЗ K_n = I,06 мВ/пКл, (для режимов с a_n = 4.I0^3, I.I0^3 м/с^2 K_n = 9,85 мВ/пКл),

Напряжения выхода УЗ U_{ni}: II40; II35; II40; 325; 320; 3I8; 64; 66; 65; II8; II8; 30; 30; 30 мВ.

Значение коэффициента преобразования (умноженное на I0^{-3}) S_{qi}: 3,50; 3,72; 3,65; 3,I7; 3,02; 3,00; 3,02; 3,II; 3,06; 3,07; 3,06; 3,08; 3,05; 3,05; 3,05 пКл.с^2/м.

По формуле (6) $\bar{S}_q$ = 3,I7.I0^{-3} пКл.с^2/м, а по формуле (7) σ_q= I,65 % = I,7 %. По графику δ_r= 6 %. Результат измерения записывается в виде: S_q = 3,I7 (I ± 0,06).I0^{-3} пКл.с^2/м, P =0,95.

Если в этом примере исключить режим с τ_φ= I8 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.I0^{-3}пКл.с^2/м; σ_q = 0,4 %, δ_r= 5 %. Результат измерения запишется в виде: S_q = 3,07 (I ± 0,05).I0^{-3} пКл.с^2/м, P = 0,95.

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

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

Пиковые значения напряжения на выходе УЗ (три измерения на четырех режимах): 50; 50; 5I; 520; 530; 525; 725; 740; 730; I080; II50; I080 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/с^2.

По формуле (3) находим значения S_{qi} при i-м (i=I,2,3...,I2) измерении: I,8I; I,83; I,83; I,82; I,82; I,85; I,8I; I,83; I,82; I,8I; I,83; I,80 пКл.с^2/м.

По формуле (6) определяем среднее значение $\bar{S}_q$ = I,82 пКл.с^2/м, и по формуле (7) СКО этого коэффициента σ_q = 0,4 %. По графику $\delta_r \approx$ 7,5 % ≈ 8 %.

Результат измерения записывается в виде

S_q = I,82 (I ± 0,08) пКл.с^2/м, P = 0,95.

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

В результате измерения коэффициента преобразования ИП (три измерения на четырех режимах) получены следующие значения S_{qi}: 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.с^2/м. Это дает $\bar{S}_q$ = 0,60 пКл.с^2/м.

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

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

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

$$a_ш = \frac{100}{S_u} \approx \frac{100}{0,77} = 130 \text{ м/с}^2$$

Значения $a_{пуi}$ и $a_{пi}$ на четырех режимах получены следующими: $a_{пуi}$ = 48, 223, 1050, 2080 м/с^2; $a_{пi}$ = 48,7; 225,8; 1070,0; 2081,0 м/с^2. Отсюда σ_q = I,54 %, и по графику δ_r = 9 %.

Доверительная погрешность отсчитываемого по ПУ ускорения δ_r = 9 % 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.I. В примере I для первого случая:

$S_q = 3{,}I7\ (I \pm 0{,}8.0{,}06).I0^{-3} = 3{,}I7\ (I \pm 0{,}06).I0^{-3}$ пКл.с^2/м, P=0,9;

$S_q = 3{,}I7\ (I \pm 0{,}7.0{,}06).I0^{-3} = 3{,}I7\ (I \pm 0{,}04).I0^{-3}$ пКл.с^2/м, P=0,8;

$S_q = 3{,}I7\ (I \pm 0{,}4.0{,}06).I0^{-3} = 3{,}I7\ (I \pm 0{,}02).I0^{-3}$ пКл.с^2/м, P=0,68.

В том же примере с исключенным режимом τ_φ = I8 мкс:

$S_q = 3{,}07\ (I \pm 0{,}04).I0^{-3}$ пКл.с^2/м, P = 0,9;

$S_q = 3{,}07\ (I \pm 0{,}03).I0^{-3}$ пКл.с^2/м, P = 0,8;

$S_q = 3{,}07\ (I \pm 0{,}02).I0^{-3}$ пКл.с^2/м, P = 0,68.

4.2. В примере 2:

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

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

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

4.3. В примере 3: δ_r = 7 %, P = 0,9; δ_r = 6 %, P = 0,8; δ_r = 4 %, P = 0,68.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Обязательное

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 преобразователя в указанном диапазоне пиковых значений ударного ускорения S_q = _____(I ± _____) пКл.с^2/м, Р =

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 соединительным кабелем №_____ S_u = _____ мВ.с^2/м.

Суммарная емкость ИП и кабеля C_{un} = _____ пФ.

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

Поверитель _____

gost.e-ecolog.ru