

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ

заместитель генерального

директора ФГУП «ВНИИФТРИ»



М.В. Балаханов
2010 г.

СЕЙСМОПРИЕМНИКИ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ А16, А17

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

ГПКН.402152.004 МП

Содержание

Лист

Вводная часть.....	3
1.Операции поверки.....	4
2 Средства поверки.....	5
3 Требования к квалификации персонала	6
4 Требования безопасности	7
5 Условия поверки.....	8
6 Проведение поверки сейсмоприемников А16, А17	9
6.1 Внешний осмотр	9
6.2 Опробование.....	9
6.3 Определение постоянной составляющей выходного напряжения	9
6.4 Определение коэффициента передачи предусилителя	9
6.5 Определение значения коэффициента преобразования.....	10
6.6Определение основной относительной погрешности преобразования	11
6.7 Проверка диапазона рабочих частот и определение АЧХ сейсмоприемника	12
6.8 Проверка уровня собственных шумов	13
6.9 Определение коэффициента нелинейных искажений (КНИ).....	13
6.10 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования	14
6.11 Проверка максимально измеряемого виброускорения	15
6.12 Проверка встроенного интегратора	15
6.13 Определение стабильности коэффициента преобразования за межповерочный интервал.....	16
6.14 Определение резонансной и антирезонансной частот.....	16
6.15 Определение динамического коэффициента электромеханической связи (КЭМС)....	16
6.16 Определение поправочного коэффициента	16
7. Проведение периодической поверки сейсмоприемников А17 без демонтажа с объекта эксплуатации	17
8 Оформление результатов поверки	17
Приложение А Основные технические характеристики рекомендуемых средств измерений.....	18
Приложение Б Вычисление неопределенности измерения значения коэффициента преобразования	21

Настоящая методика поверки распространяется на сейсмоприемники пьезоэлектрические А16, А17 (далее по тексту - сейсмоприемники), предназначенные для преобразования колебательного ускорения в пропорциональный электрический сигнал.

Межповерочный интервал – один год.

Приведенные в методике требования к значениям воспроизводимых величин применимы при поверке сейсмоприемников с типовыми параметрами и характеристиками и должны быть скорректированы при поверке сейсмоприемников с параметрами и характеристиками отличными (по требованию заказчика) от типовых.

Сейсмоприемники А16, А17 подлежат первичной и периодической поверкам по методике п.6 настоящей методики поверки.

Периодическая поверка сейсмоприемников А17 может производиться без демонтажа с объекта эксплуатации по методике п.7 настоящей методики поверки.

1 Операции поверки

1.1 Операции поверки сейсмоприемников А16, А17

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность проведения операции при поверке		Примечание
		первичной	периодической	
1	2	3	4	5
1 Внешний осмотр	6.1	Да	Да	
2 Опробование	6.2	Да	Да	
3 Определение постоянной составляющей выходного напряжения	6.3	Да	Нет	
4 Определение коэффициента передачи предусилителя	6.4	Да	Да	Выполняется для сейсмоприемников, оснащенных системой электрической калибровки
5 Определение коэффициента преобразования	6.5	Да	Да	
6 Определение основной относительной погрешности преобразования	6.6	Да	Нет	
7 Проверка диапазона рабочих частот и определение АЧХ сейсмоприемников	6.7	Да	Нет	
8 Проверка уровня собственных шумов	6.8	Да	Да	
9 Определение коэффициента нелинейных искажений (КНИ)	6.9	Да	Нет	
10 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования	6.10	Да	Нет	
11 Проверка максимального измеряемого виброускорения	6.11	Да	Нет	
12 Проверка встроенного интегратора	6.12	Да	Да	Выполняется для сейсмоприемников, оснащенных встроенным интегратором
13 Определение стабильности коэффициента преобразования за межповерочный интервал	6.13	Нет	Да	

14 Определение резонансной и антирезонансной частот	6.14	Да	Нет	Пункты 14-16 выполняются для сейсмоприемников А17
15 Определение динамического коэффициента электромеханической связи (КЭМС) и механической добротности	6.15	Да	Нет	
16 Определение поправочного коэффициента	6.16	Да	Нет	

1.2 Операции при периодической поверке сейсмоприемников А17 без демонтажа с объекта эксплуатации

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.2

Таблица 1.2

Наименование операции	Номер пункта методики
1	2
1 Определение резонансной и антирезонансной частот	7.1
2 Определение динамического коэффициента электромеханической связи (КЭМС) и механической добротности	7.2
3 Определение коэффициента преобразования	7.3
4 Определение стабильности коэффициента преобразования за межповерочный интервал	7.4

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки рекомендуется применять эталонные и вспомогательные средства измерений, указанные в таблице 2.1. Основные технические характеристики рекомендуемых средств измерений приведены в приложении А.

Таблица 2.1

Номер пункта раздела "Проведение поверки"	Наименование и тип эталонного (вспомогательного) средства измерения
6.2, 6.3, 6.7, 6.12	Осциллограф С1-83
6.3, 6.4, 6.7, 6.9	Вольтметр универсальный В7-39
6.3, 6.4, 6.7	Вольтметр универсальный цифровой быстродействующий В7-43
6.4, 6.12, 7.1	Генератор прецизионный низкочастотный ГЗ-122
6.7, 6.12	Генератор низкочастотный ГЗ-118
6.5, 6.6, 6.7, 6.9, 6.10	Рабочий эталон 2-го разряда длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела по МИ 2070-90
6.5, 6.7, 6.8, 6.9, 6.12	Анализатор сигналов узкополосный шестнадцатиканальный АС-У16
6.8	Усилитель дифференциальный У7-6
6.7, 6.10	Усилитель селективный У2-11
6.2-6.12	Аккумуляторный источник постоянного тока

Примечание – Допускается применение эталонных и вспомогательных средств измерений других типов, обеспечивающих метрологические характеристики, не уступающие перечисленным в таблице 2.1.

3 Требования к квалификации персонала

3.1 К выполнению поверки сейсмоприемников и оформлению ее результатов допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей механических средств измерений (средств измерений параметров вибрации).

4 Требования безопасности

4.1 При выполнении операций поверки сейсмоприемников должны быть соблюдены требования техники безопасности, регламентированные ГОСТ 12.1.030, "Правила безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", ППБ-01-93, инструкциями по эксплуатации рабочих эталонов и средств измерений, а также всеми, действующими на предприятии правилами по технике безопасности.

5 Условия проведения поверки

5.1 При выполнении операций (кроме особо оговоренных) поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 18 до 25 °С;
- относительная влажность воздуха от 45 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;
- уровень звукового давления акустического шума не более 60 дБ;
- напряжение питания сейсмоприемников $\pm (12 \pm 0,5)$ В;
- нестабильность напряжения питания не более 0,5 %;
- пульсации напряжения питания не более 1 мВ.

5.2 Подготовка к поверке

5.2.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- подготовить к работе поверяемые и эталонные средства измерений, а также вспомогательные средства поверки в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации;
- проверить исправность соединительных кабелей;
- в случае загрязнения разъемных соединений обезжирить их спиртом;
- включить средства поверки в сеть и прогреть их в течение времени, определенном в их эксплуатационной документации.

6 Проведение поверки сейсмоприемников А16, А17

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемых сейсмоприемников следующим требованиям:

–отсутствие механических и электрических повреждений сейсмоприемников и соединительных элементов, влияющих на его работу;

– полнота маркировки и ее сохранность;

– наличие формуляра и (или) свидетельства о предыдущей поверке.

Кроме того, должно быть проверено выполнение условий поверки в соответствии с требованиями раздела 5.

6.1.2 В случае несоответствия сейсмоприемников хотя бы по одному из требований, указанных выше, дальнейшие операции поверки не проводятся и его признают непригодным к эксплуатации до принятия мер по устранению выявленных недостатков (неисправностей). После их устранения (ремонта) сейсмоприемник может быть допущен к повторной поверке.

6.2 Опробование

6.2.1 Подать на сейсмоприемник напряжение питания и выждать не менее пяти минут.

6.2.2 Подключить выход сейсмоприемника к осциллографу С1-83 и убедиться в наличии характерного сигнала, вызванного воздействием микросейсмических шумов.

Примечание – Здесь и далее при поверке трехкомпонентных сейсмоприемников операции поверки проводятся для каждой измерительной компоненты (канала) сейсмоприемника.

6.2.3 В случае несоответствия сейсмоприемника требованию, указанному выше, его признают непригодным к проведению поверки и эксплуатации.

6.3 Определение постоянной составляющей выходного напряжения

6.3.1 Установить сейсмоприемник на виброразвязанный фундамент, например, на фундамент виброустановки.

6.3.2 Подать на сейсмоприемник напряжение питания и выждать не менее пяти минут.

6.3.3 Подключить выход сейсмоприемника к осциллографу С1-83 и цифровому вольтметру В7-39 (или В7-43) включенному в режим измерения напряжения постоянного тока и измерить значение постоянной составляющей выходного напряжения сейсмоприемника.

6.3.4 Результаты измерений занести в протокол.

6.3.5 Значение постоянной составляющей выходного напряжения должно быть не более 10 мВ, а на экране осциллографа не должно наблюдаться наличие пульсаций выходного сигнала, а также изменение постоянной составляющей с амплитудой более чем 10 мВ в течение 1 минуты. В противном случае его признают непригодным к эксплуатации.

Примечание – Допускается совмещать испытания по пунктам 6.2, 6.3.

6.4 Определение коэффициента передачи предусилителя.

6.4.1 Установить сейсмоприемник на виброразвязанный фундамент, например, на фундамент виброустановки.

6.4.2 Подать на сейсмоприемник напряжение питания и выждать не менее пяти минут.

6.4.3 Подать на "Калибровочный вход" сейсмоприемника с генератора ГЗ-122 сигнал частотой 20 Гц и амплитудой, при которой эффективное напряжение выходного сигнала сейсмоприемника составит $(1 \pm 0,1)$ В.

6.4.4 Вольтметром В7-39 (В7-43) измерить напряжения на "Калибровочном входе" (выходное напряжение генератора) и выходе сейсмоприемника.

6.4.5 Коэффициент электрической калибровки сейсмоприемника вычислить по формуле:

$$N = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}}, \quad (1)$$

где $U_{\text{ВЫХ}}$ – выходное эффективное напряжение сейсмоприемника, В;

$U_{\text{ВХ}}$ – выходное эффективное напряжение генератора, В.

Результаты измерений и расчетов занести в протокол.

6.4.7 Значения коэффициента передачи предусилителя должно быть от 0,25 до 5. Полученное значение коэффициента передачи предусилителя занести в формуляр.

6.5 Определение значения коэффициента преобразования

6.5.1 Установить поверяемый сейсмоприемник на вибратор эталонной виброустановки так, чтобы измерительная ось сейсмоприемника совпала с направлением колебаний вибратора.

6.5.2 Подать на сейсмоприемник напряжение питания и выждать не менее пяти минут.

6.5.3 Воспроизвести на частоте 20 Гц виброускорение с эффективным значением $(1,0 \pm 0,2) \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$.

Примечания

1) Здесь и далее приводится значение воспроизводимой величины для сейсмоприемника с номинальным коэффициентом преобразования равным $1 \text{ В} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-1}$ и напряжением питания $\pm 12 \text{ В}$, которые должны быть скорректированы при поверке сейсмоприемника с параметрами и характеристиками отличными (по требованию заказчика) от типовых.

2) Значение воспроизводимого виброускорения рекомендуется выбирать более 0,7 от максимально измеряемого сейсмоприемником, при котором обеспечивается определение коэффициента преобразования сейсмоприемника с наименьшей неопределенностью.

6.5.4 Измерить вольтметром типа В7-39 выходной сигнал сейсмоприемника U .

Примечание – В случае необходимости допускается подавать сигнал сейсмоприемника на вольтметр через дополнительный усилитель (фильтр). Коэффициент передачи усилителя (фильтра) необходимо учесть при выполнении вычислений коэффициента преобразования сейсмоприемника.

6.5.5 Выполнить измерения по вышеуказанной методике 5-10 раз при одном и том же (в пределах погрешности воспроизведения) значении виброускорения. Вычислить среднеарифметическое значение коэффициента преобразования сейсмоприемника $K_{0,в} \text{ В} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-1}$.

6.5.5.1 Если поверочная виброустановка оснащена измерителем вибрации с лазерным интерферометром (далее – ЛИВ), среднеарифметическое значение коэффициента преобразования вычислить по формуле:

$$K_0 = \frac{2,828 \cdot U \cdot 10^6}{(2\pi f)^2 \cdot S}, \quad (2)$$

где U – среднеарифметическое значение эффективного напряжения выходного сигнала сейсмоприемника, В;

S – среднеарифметическое значение двойной амплитуды (размах) колебаний вибростола (показание ЛИВ), мкм;

f – частота, Гц.

6.5.5.2 Если используется, эталонный акселерометр, то среднеарифметическое значение коэффициента преобразования вычислить по формуле:

$$K_0 = \frac{U}{U_{\text{э}}} \cdot K_{\text{э}}, \quad (3)$$

где $U_{\text{э}}$ – среднеарифметическое значение эффективного напряжения выходного сигнала эталонного акселерометра, В;

$K_{\text{э}}$ – коэффициент преобразования эталонного акселерометра, $\text{В} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-1}$.

6.5.6 Результаты измерений и расчетов занести в протокол.

6.5.7 Отключить сигнал возбуждения вибростенда и измерить выходной сигнал сейсмоприемника $U_{\text{ш}}$ и эталонного акселерометра $U_{\text{эш}}$ (или $S_{\text{эш}}$ при использовании ЛИВ) от действия фоновых и акустических шумов и занести их значения в протокол.

6.5.8 Расширенная неопределенность измерения коэффициента преобразования при коэффициенте охвата равным 2 вычисляется согласно приложения Б.

6.5.9 Значение коэффициента преобразования должно быть в пределах от 0,85 до $1,15 \text{ В} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-1}$ ($K_{\text{ном}} \times (1 \pm 0,15)$).

6.5.10 Расширенная неопределенность измерения коэффициента преобразования при коэффициенте охвата равным 2 должна быть не более $\pm 2 \%$.

6.5.11 Значение коэффициента преобразования (среднеарифметическое значение), а также значение неопределенности, с которой он определен, занести в формуляр сейсмоприемника.

6.6 Определение основной относительной погрешности преобразования.

6.6.1 Воспроизвести на частотах 1, 10, 20 и 100 Гц виброускорение с эффективным значением от 0,01 до 5 м/с^2 .

Примечание – выбирается значение ускорения, при котором поверочная виброустановка обеспечивает минимальную (не более 2 %) погрешность воспроизведения виброускорения на соответствующей частоте.

6.6.2 Для каждого значения частоты измерить выходное напряжение сейсмоприемника.

6.6.3 Вычислить ускорение, измеренное сейсмоприемником, в $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$, по формуле:

$$a(f) = \frac{U_{\text{вых}}(f)}{K(f)}, \quad (4)$$

где $U_{\text{вых}}(f)$ – эффективное значение выходного напряжения сейсмоприемника на частоте f , В;

$K(f)$ – значение коэффициента преобразования сейсмоприемника на частоте f , $\text{В} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-1}$ ° вычисленное по формуле:

$$K(f) = K_0 \cdot N(f), \quad (5)$$

где K_0 – значение коэффициента преобразования сейсмоприемника, определенного при испытаниях по п.6.5 или из формуляра сейсмоприемника.

$N(f)$ – нормированное значение коэффициента преобразования на частоте f : равное 0,981; 1,000; 1,000; 0,996 для частот 1; 10; 20 и 100 Гц, соответственно.

Примечания

1) Для сейсмоприемника с расширенным диапазоном рабочих частот (от 0,1 до 400 Гц) значение N на частоте 1 Гц равно 0,995.

2) Нормированное значение коэффициента преобразования на частоте f $N(f)$ должно быть скорректировано при проверке сейсмоприемника с диапазоном рабочих частот отличного по требованию заказчика от номинального.

6.6.4 Вычислить погрешность преобразования сейсмоприемника δ по формуле:

$$\delta = 100 \cdot \left(\frac{a(f)}{a_{\text{вв}}(f)} - 1 \right), \quad (6)$$

где $a_{\text{вв}}(f)$ – эффективное значение воспроизводимого виброускорения на частоте f , м/с^2 .

6.6.5 Результаты измерений и расчетов занести в протокол.

6.6.6 Сейсмоприемник признается выдержавшим испытание, если полученное значение δ не более $\pm 4 \%$.

6.7 Проверка диапазона рабочих частот и определение АЧХ сейсмоприемника

Метод 1

6.7.1 Проверка рабочей полосы частот проводится с использованием системы электрической калибровки сейсмоприемника.

6.7.2 Установить сейсмоприемник на виброразвязанный фундамент, например, на фундамент виброустановки.

6.7.3 Подать на сейсмоприемник напряжение питания и выждать не менее пяти минут.

6.7.4 Измерение частотной характеристики проводится с использованием системы электрической калибровки сейсмоприемника.

6.7.5 Подать на "Калибровочный вход" сейсмоприемника с генератора ГЗ-122 сигнал частотой 20 Гц и амплитудой, при которой эффективное значение выходного сигнала сейсмоприемника составит $(1 \pm 0,1)$ В.

6.7.6 Подключить выход сейсмоприемника к осциллографу типа С1-83. Используя плавную регулировку чувствительности осциллографа установить на экране такое изображение сигнала, при котором размах сигнала составляет 6 делений сетки экрана.

6.7.7 Устанавливая значение частоты сигнала генератора 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,8; 1,6; 4; 8; 16; 31,6; 40; 50; 63; 80; 160, 250, 300, 400 Гц убедиться в том, что на экране осциллографа размах сигнала не менее 4,2 деления в диапазоне частот от 0,2 до 0,4 Гц и от 300 до 400 Гц и не менее 5,3 деления на частотах от 0,4 до 300 Гц.

6.7.8 Результаты измерений занести в протокол.

6.7.9 В случае несоответствия сейсмоприемника указанным выше требованиям, его признают непригодным к эксплуатации.

Примечание – допускается совмещать испытания методом 1 по п.6.7 с испытаниями по п.6.4.

Метод 2

6.7.10 Проверка диапазона рабочих частот и определение АЧХ проводится с использованием поверочной виброустановки.

6.7.11 На частотах 0,2; 0,4; 1; 2; 4; 8; 10; 20; 40; 80; 160, 200, 400 Гц определить коэффициент преобразования сейсмоприемника по аналогии с пунктом 0. При этом обязательно выбираются по два крайних значения частоты сверху и снизу и значение частоты 20 Гц. Значение воспроизводимого виброускорения выбирают такое, при котором обеспечивается определение коэффициента преобразования с наименьшей погрешностью, но не более 0,7 от максимально измеряемого сейсмоприемником.

Примечания

1) Допускается отклонение от указанного ряда при сохранении интервала между соседними частотами не более одной октавы.

2) При измерениях на частотах менее 1 Гц и более 100 Гц рекомендуется выходной сигнал сейсмоприемника подавать на вольтметр через узкополосный фильтр (селективный усилитель) или использовать для измерений выходного сигнала спектроанализатор.

6.7.12 Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), относительно значения на частоте 20 Гц, в дБ, вычислить по формуле:

$$\gamma_{АЧХ} = 20 \cdot \lg \left(\frac{K_{\max(\min)}}{K_{20}} \right), \quad (7)$$

где $K_{\max}$, $K_{\min}$ – максимальное и минимальное значение коэффициента преобразования;

K_{20} – значение коэффициента преобразования на частоте 20 Гц.

6.7.13 Результаты измерений и расчетов занести в протокол.

6.7.14 Неравномерность АЧХ должна соответствовать требованиям приведенным в формуляре сейсмоприемника. В противном случае сейсмоприемник признают непригодным к эксплуатации.

Примечание – По требованию заказчика в формуляре сейсмоприемника (свидетельстве о проверке или сертификате о калибровке) может быть приведена индивидуальная АЧХ сейсмоприемника в виде графика (таблицы) зависимости значения коэффициента преобразования от частоты.

6.8 Проверка уровня собственных шумов

6.8.1 Установить сейсмоприемник на виброразвязанный фундамент, например, на фундамент виброустановки и выдержать в течение 12 часов.

Примечание - В месте установки испытуемого сейсмоприемника уровень спектральной плотности мощности сейсмических шумов на частоте 1 Гц должен быть не более минус 120 дБ отн. $1 \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-4} \cdot \text{Гц}^{-1}$ и(или) на частоте 0,3 Гц не более минус 110 дБ отн. $1 \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-4} \cdot \text{Гц}^{-1}$. В случае необходимости испытания проводятся в заглубленном месте, например, шахте или штольне. Если условия окружающей среды в шахте или штольне отличны от условий пункта 1.1, перед началом измерений сейсмоприемник выдержать в месте его установки в течение 24 часов.

6.8.2 Подать на сейсмоприемник напряжение питания и выждать не менее пяти минут.

6.8.3 Для определения уровня собственных шумов сейсмоприемника подключить выход канала к спектроанализатору, например, БПФ-2М. Рекомендуется выходной сигнал сейсмоприемника подавать на вход спектроанализатора через мал шумный усилитель, например, У7-6 с коэффициентом усиления 100 (40 дБ) или 1000 (60 дБ).

6.8.4 Согласно руководства по эксплуатации спектроанализатора провести измерение выходного сигнала сейсмоприемника в диапазоне частот от 0,1 до 5 Гц.

6.8.5 Спектральная плотность мощности собственных шумов сейсмоприемника, приведенных ко входу, в дБ отн. $1 \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-4} \cdot \text{Гц}^{-1}$, на частоте f вычислить по формуле:

$$A(f) = L(f) - 120 - K_{\text{ус}} - K_{\text{сп}}(f) - 10 \lg(\Delta f), \quad (8)$$

где L – спектральная плотность мощности сигнала на частоте f , дБ отн. 1 мкВ (показание спектроанализатора);

$K_{\text{ус}}$ – коэффициент усиления мал шумного усилителя, дБ;

$K_{\text{сп}}(f)$ – коэффициент преобразования сейсмоприемника на частоте f , дБ относительно $1 \text{ В} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-1}$;

Δf – полоса анализа спектроанализатора, Гц.

6.8.6 Результаты измерений и расчетов занести в протокол.

6.8.7 Сейсмоприемник признается выдержавшим испытание, если значение спектральной плотности мощности собственных шумов сейсмоприемника на частоте 1 Гц не более минус 108 дБ (минус 109 дБ для сейсмоприемников А1637, А1737, А1639, А1739) и (или) на частоте 0,3 Гц минус 98 дБ (минус 99 дБ).

6.9 Определение коэффициента нелинейных искажений (КНИ)

Метод 1

6.9.1 Определение КНИ проводится с использованием системы электрической калибровки и контроля сейсмоприемника.

6.9.2 Установить сейсмоприемник на виброразвязанный фундамент, например, на фундамент виброустановки и подключить выход сейсмоприемника к спектроанализатору А-16.

6.9.3 Подать на сейсмоприемник напряжение питания и выждать не менее пяти минут.

6.9.4 Подать на "Калибровочный вход" сейсмоприемника с генератора ГЗ-118 сигнал частотой (12 ± 2) Гц и амплитудой, при которой эффективное значение выходного сигнала сейсмоприемника составит $(1 \pm 0,1)$ В.

Примечание – Выбирается частота, на которой значение КНИ выходного сигнала генератора минимально.

6.9.5 Произвести согласно эксплуатационной документации спектроанализатора БПФ-2М спектральный анализ выходного сигнала сейсмоприемника. Записать в протокол значения L_i не менее 4-х гармоник выходных сигналов.

Примечание – Рекомендуется заносить значения гармоник соотношение сигнал/шум которых не менее 6 дБ.

6.9.6 Повторить испытание подав сигнал частотой (12 ± 2) Гц и амплитудой, при которой эффективное напряжение выходного сигнала сейсмоприемника составит $(5 \pm 0,1)$ В.

6.9.7 КНИ сейсмоприемника вычислить по формуле:

$$K_{\text{КНИ}} = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n (10^{L_i/20})^2}}{10^{L_1/20}}, \quad (9)$$

где L_i , $i = 2, 3, \dots, n$ - значение i -й гармоники выходного напряжения сейсмоприемника, дБ отн. 1 мкВ;

L_1 – значение 1-й гармоники выходного напряжения сейсмоприемника, дБ отн. 1 мкВ.

6.9.8 Результаты измерений и расчетов занести в протокол.

Метод 2

6.9.9 Определение КНИ проводится с использованием поверочной виброустановки (допускается, если виброустановка обеспечивает воспроизведение виброускорения со значением КНИ не более 0,02 %).

6.9.10 Установить сейсмоприемник на вибратор поверочной виброустановки и подключить выход сейсмоприемника к спектроанализатору БПФ-2М.

6.9.11 Воспроизвести на частоте (12 ± 2) Гц виброускорение с таким значением, при котором эффективное значение выходного сигнала сейсмоприемника составит $(1 \pm 0,1)$ В.

Примечание – Выбирается частота, на которой значение КНИ воспроизводимого виброускорения минимально.

6.9.12 Произвести согласно эксплуатационной документации спектроанализатора БПФ-2М спектральный анализ выходного сигнала сейсмоприемника. Записать в протокол значения L_i не менее 4-х гармоник выходных сигналов.

Примечание – Рекомендуется заносить значения гармоник соотношение сигнал/шум которых не менее 6 дБ.

6.9.13 Повторить испытание, воспроизводя виброускорение частотой (12 ± 2) Гц с таким значением, при котором выходной сигнал сейсмоприемника составит $(5 \pm 0,1)$ В.

6.9.14 Коэффициент нелинейных искажений сейсмоприемника определяется аналогично п. 6.9.7.

6.9.15 Результаты измерений и расчетов занести в протокол.

6.9.16 Значения коэффициента нелинейных искажений должно быть не более 1 % для испытаний по пунктам 6.9.1-6.9.8 и не более 0,05 % для испытаний по пунктам 6.9.9-6.9.15.

Примечание – Если значение КНИ сейсмоприемника при испытаниях по п.6.9.11 в два и более раз больше чем КНИ воспроизводимого виброускорения в формуляре может быть приведено численное значение КНИ сейсмоприемника.

6.10 Определение относительного коэффициента поперечного преобразования

Метод 1 (для однокомпонентного сейсмоприемника)

6.10.1 Установить сейсмоприемник на вибратор поверочной виброустановки так, чтобы измерительная ось сейсмоприемника совпадала с направлением колебаний вибратора.

6.10.2 Воспроизвести на частоте 20 Гц виброускорение от 0,5 до 3 м·с⁻². Измерить на выходе сейсмоприемника значение напряжения U_B .

6.10.3 Установить сейсмоприемник на вибратор поверочной виброустановки при помощи специального переходника так, чтобы измерительная ось сейсмоприемника была перпендикулярна к направлению колебаний вибратора.

6.10.4 Воспроизведя тоже значение виброускорения (в пределах погрешности воспроизведения виброускорения), что и в п.0 измерить на выходе испытуемого сейсмоприемника значения напряжений U_i при положениях сейсмоприемника, соответствующих его повороту вокруг измерительной оси на угол $i = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ, 180^\circ, 210^\circ, 240^\circ, 270^\circ, 300^\circ, 330^\circ$.

6.10.5 Значение относительного коэффициента поперечного преобразования сейсмоприемника вычислить по формуле:

$$K_{\text{оп}} = \frac{U_{i\text{max}}}{U_B} \cdot 100, \quad (10)$$

где $U_{i \max}$ - максимальное значение выходного напряжения сейсмоприемника в поперечном направлении, В.

6.10.6 Результаты измерений и расчетов заносятся в протокол.

Метод 2 (для трехкомпонентного сейсмоприемника)

6.10.7 Установить сейсмоприемник на вибратор эталонной виброустановки так, чтобы измерительная ось (ось Z) сейсмоприемника совпала с направлением колебаний вибратора.

6.10.8 Воспроизвести на частоте 20 Гц виброускорение от 0,5 до 3 м·с⁻².

6.10.9 Измерить выходное напряжение сейсмоприемника. Для трехкомпонентного сейсмоприемника выходное напряжение для всех компонент (каналов) X, Y и Z.

6.10.10 Повторить действия по пунктам с 6.10.7 по 6.10.9 устанавливая сейсмоприемник по направлению колебаний вибратора каналами Y и X, воспроизводя тоже значение виброускорения (в пределах погрешности воспроизведения виброускорения), что и в пункте 6.10.8.

6.10.11 Относительный коэффициент поперечного преобразования для канала Z сейсмоприемника в процентах вычислить по формуле:

$$K_{оп} = \frac{\sqrt{U_{ZX}^2 + U_{ZY}^2}}{U_Z} \cdot 100, \quad (11)$$

где U_{ZX} , U_{ZY} - значение выходного напряжения канала Z, когда по оси вибратора направлена ось X и Y сейсмоприемника, соответственно;

U_Z – значение выходного напряжения канала Z, когда по оси вибратора направлена измерительная ось Z сейсмоприемника.

6.10.12 Произвести расчет относительного коэффициента поперечного преобразования для каналов X и Y по аналогии пункта 6.10.11.

6.10.13 Результаты измерений и расчетов занести в протокол.

6.10.14 Сейсмоприемник признается выдержавшим испытание, если полученное значение относительного коэффициента поперечного преобразования не более 5%.

6.11 Проверка максимально измеряемого виброускорения

6.11.1 Установить сейсмоприемник на вибратор эталонной виброустановки.

6.11.2 Воспроизвести на частоте 10 или 20 Гц виброускорение значением от 5,0 до 5,2 м/с², при этом выбирается частота на которой КНИ воспроизводимого виброускорения не более 0,5 %.

6.11.3 Определить КНИ сейсмоприемника как при испытаниях по пункту 6.9 методом 2 и основную относительную погрешность как при испытаниях по пункту 6.6.

6.11.4 Результаты измерений и расчетов занести в протокол.

6.11.5 Полученное значение КНИ сейсмоприемника должно быть не более 1 %, и значение основной погрешности не более ± 4 %, в противном случае сейсмоприемник признают непригодным к эксплуатации.

6.12 Проверка встроенного интегратора

6.12.1 Определение постоянной времени интегрирования встроенного интегратора

6.12.1.1 Установить сейсмоприемник на виброразвязанный фундамент, например, на фундамент виброустановки. Подать на сейсмоприемник напряжение питания и выждать не менее пяти минут.

6.12.1.2 Подать на "Калибровочный вход" сейсмоприемника с генератора ГЗ-122 сигнал частотой $f_0=20$ Гц и амплитудой, при которой выходное напряжение сейсмоприемника (выход по ускорению) U_A составит $(3 \pm 0,5)$ В.

6.12.1.3 Измерить выходное напряжение на выходе интегратора U_V .

6.12.1.4 Вычислить значение постоянной времени интегрирования τ_0 по формуле

$$\tau_0 = \frac{U_A}{2\pi f_0 \cdot U_V} \quad (12)$$

6.12.1.5 Результаты измерений и расчетов занести в протокол.

6.12.1.6 Сейсмоприемник признается выдержавшим испытание, если полученное значение постоянной времени интегрирования отличается от номинального (или определенного заказчиком) не более чем на 20 %.

6.12.1.7 При положительных результатах испытания, значение постоянной времени интегрирования занести в формуляр или указать в свидетельстве о поверке.

6.12.2 Проверка отклонения амплитудно-частотной характеристики встроенного интегратора от идеализированной

6.12.2.1 Повторить испытание по п. 6.12.1 для значения частоты $f=0,25$ Гц получив значение постоянной времени интегрирования τ .

6.12.2.2 Вычислить отклонение АЧХ встроенного интегратора от идеализированной $\gamma_{\text{И}}$ в дБ, по формуле:

$$\gamma_{\text{И}} = 20 \lg \left(\frac{\tau - \tau_0}{\tau_0} \right) \quad (13)$$

6.12.2.3 Результаты измерений и расчетов занести в протокол.

6.12.2.4 Сейсмоприемник признается выдержавшим испытание, если полученное значение $\gamma_{\text{И}}$ не более 1 дБ.

6.13 Определение стабильности коэффициента преобразования за межповерочный интервал.

6.13.1 При периодической поверке повторить пп.6.5.1-6.5.11.

6.13.2 Сравнить значение коэффициента преобразования K_0 с коэффициентом преобразования, занесенным в формуляр сейсмоприемника при предыдущей поверке.

6.13.3 Изменение коэффициента преобразования K_0 за межповерочный интервал (долговременная стабильность) не должно превышать 1 дБ.

6.14 Определение резонансной и антирезонансной частот.

6.14.1 Подать на сейсмоприемник напряжение питания и выждать не менее пяти минут.

6.14.2 Подать на калибровочный вход сейсмоприемника с генератора ГЗ-122 сигнал частотой 500 Гц и амплитудой 0,5 В.

6.14.3 Варьируя частоту в диапазоне (500 - 1500) Гц при неизменной амплитуде 0,5 В, найти резонансную f_p и антирезонансную f_a частоты, при которых напряжение на выходе сейсмоприемника достигает максимального U_{max} и минимального U_{min} значений соответственно.

Значения частот должны удовлетворять неравенству $f_a > f_p > 1,2$ кГц.

При несоблюдении данного условия сейсмоприемник бракуется.

Результаты измерений занести в протокол

6.15 Определение динамического коэффициента K_d электромеханической связи (КЭМС) и механической добротности Q_m на основании измерительной информации, полученной в п.6.14.

Рассчитать K_d и Q_m по формулам:

$$K_d = \sqrt{1 - \left(\frac{f_p}{f_a} \right)^2}, \quad (14)$$

$$Q_m = \frac{\frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{min}}} - 1}{K_d^2 \sqrt{\frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{min}}}}}, \quad (15)$$

Значения K_d и Q_m должны удовлетворять неравенствам $K_d \geq 0,25$, $Q_m \geq 30$.

При несоблюдении данных условий сейсмоприемник бракуется.

6.16 Определение поправочного коэффициента.

Поправочный коэффициент A рассчитать по формуле:

$$A = \frac{K_0 \cdot 2\pi \cdot f_a}{K_d \cdot \sqrt{N}}, \quad (16)$$

где K_0 , $\text{В} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-1}$ – коэффициент преобразования по п.6.5;

f_a , кГц – антирезонансная частота по п.7.1;

K_d – динамический коэффициент электромеханической связи (КЭМС) по п.7.2,

N – коэффициент передачи предусилителя по п.6.4.

Значения поправочного коэффициента A занести в формуляр.

7 Проведение периодической поверки сейсмоприемников А17 без демонтажа с объекта эксплуатации

7.1 Определение резонансной и антирезонансной частот.

Определяется методике п.6.14.

7.2 Определение динамического коэффициента K_d электромеханической связи (КЭМС) и механической добротности Q_m на основании измерительной информации, полученной в п.7.1.

Определяется по методике п.6.15.

7.3 Определение коэффициента преобразования сейсмоприемника.

Коэффициент преобразования сейсмоприемника K_0 рассчитать по формуле:

$$K_0 = \frac{A \cdot K_d \cdot \sqrt{N}}{2\pi \cdot f_a}, \quad (17)$$

где A – поправочный коэффициент (из формуляра),

K_d – динамический коэффициент электромеханической связи (КЭМС) по п.7.2,

N – коэффициент передачи предусилителя по п.6.4,

f_a , кГц – антирезонансная частота по п.7.1.

7.4 Значение коэффициента преобразования занести в формуляр сейсмоприемника.

7.5 Определение стабильности коэффициента преобразования за межповерочный интервал.

7.5.1 Сравнить значение коэффициента преобразования K_0 с коэффициентом преобразования, занесенным в формуляр сейсмоприемника при предыдущей поверке.

7.5.2 Изменение коэффициента преобразования K_0 за межповерочный интервал (долговременная стабильность) не должно превышать 1 дБ.

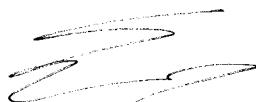
8 Оформление результатов поверки

8.1 Результаты измерений, обработки и расчета погрешностей занести в протокол, составленный в произвольной форме.

8.2 В случае положительных результатов поверки оформляют свидетельство о поверке по форме Приложения 1 к правилам ПР50.2.006-94.

8.3 В случае отрицательных результатов поверки, оформляют протокол с указанием полученных результатов, определяют и устраняют причины отрицательных результатов и повторяют поверку.

Методику поверки разработал
старший научный сотрудник
НИК-2 ФГУП «ВНИИФТРИ»



В.Н.Зюзин

Приложение А

Основные технические характеристики рекомендуемых средств измерений

Таблица А. 1

№№	Наименование, тип	Основные технические характеристики	Примечание
1	Вольтметр универсальный цифровой В7-39 (Тг2.710.012 ТУ)	Предел основной погрешности измерения постоянного напряжения значением от 1 мкВ до 2 В на пределе 1 В: $\pm[(0,004+\delta)+0,001(\Delta-1)]\%$ Предел основной погрешности измерения переменного напряжения значением от 10 мВ до 700 В в диапазоне частот от 20 до 60 Гц: $\pm[0,4+0,1(\Delta-1)]\%$ Предел основной погрешности измерения переменного напряжения значением от 10 мВ до 700 В в диапазоне частот от 60 Гц до 20 кГц: $\pm[0,15+0,1(\Delta-1)]\%$ в диапазоне частот от 20 Гц до 60 Гц: $\pm[0,4+0,1(\Delta-1)]\%$ Предел основной погрешности измерения сопротивления постоянному току на пределе 1кОм: $\pm[0,006+0,001(\Delta-1)]\%$ Δ - отношение установленного предела к действительному значению измеряемой величины	
2	Вольтметр универсальный цифровой быстродействующий В7-43 (Тг2.710.026 ТУ)	Предел основной погрешности измерения постоянного напряжения на пределе 1 В: $\pm[0,1+0,04(\Delta-1)]\%$ Предел основной погрешности измерения переменного напряжения значением от 1 мВ до 700 В в диапазоне частот от 0,01 до 20 Гц: $\pm[0,5+0,2(\Delta-1)]\%$ (Предел 0,1 В) $\pm[0,5+0,1(\Delta-1)]\%$ (Остальные пределы) Время измерения переменного напряжения, не более: 15 с – в диапазоне частот от 1 до 20 Гц; 35 с – в диапазоне частот от 0,1 до 1 Гц; 220 с – в диапазоне частот от 0,01 до 0,1 Гц Δ - отношение установленного предела к действительному значению измеряемой величины	
3	Анализатор сигналов узкополосный шестнадцатиканальный АС-У16	Диапазон частот от 0.1 Гц до 20 кГц. Неравномерность АЧХ, не более 0,15 дБ. Отношение сигнал/шум не менее 90 дБ. Коэффициент гармонических искажений не более 0,002 %. Пределы допускаемой относительной погрешности измерения уровней электрического сигнала в узких полосах частот не более $\pm 0,3$ дБ. Уровни входного сигнала в диапазонах измерений от 0,071 мВ до 3,16 В.	

Продолжение таблицы А.1

№№	Наименование, тип	Основные технические характеристики	Примечание
4	Генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-122 (З.268.049 ТУ)	Диапазон частот: от 0,001 до 1999999,999 Гц; Предел основной погрешности установки частоты: $\pm 5 \cdot 10^{-7} \cdot f_n$; f_n – номинальное значение установленной частоты; Наибольший уровень выходного напряжения: 2500 мВ (600 Ом); Основная погрешность установки уровня выходного напряжения: $\pm 15\%$; Неравномерность опорного уровня выходного напряжения в диапазоне частот от 0,001 до 99,999 Гц, не более: $\pm 3\%$; Коэффициент гармоник выходного напряжения, не более: 0,5 %	
5	Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-118 (ЕХЗ.265.029 ТУ)	Диапазон частот: от 10 Гц до 200 кГц; Предел основной погрешности: $\pm 10 \cdot 10^{-4} \cdot f_n$; f_n – номинальное значение установленной частоты; Наибольший уровень выходного напряжения: 10 В; Коэффициент гармоник выходного напряжения: $> 0,0015\%$	
6	Виброустановка поверочная типа ВУ-2 (Рабочий эталон 2-го разряда длины, скорости и ускорения при колебательном движении твердого тела по МИ 2070-90)	Диапазон воспроизводимых частот: от 0,1 до 400 Гц Диапазон воспроизводимых ускорений: от 10^{-5} до 10 м/с^2 НСП: от 0,5 до 10 % СКО: не более 1 %	
7	Осциллограф универсальный С1-83 (И22.044.081 ТУ)	Полоса пропускания: от 0 до 2 МГц Диапазон измеряемых напряжение: от 400 мкВ до 200 В Предел допускаемой основной погрешности коэффициентов отклонения: $\pm 10\%$ Предел допускаемой основной погрешности коэффициентов развертки: $\pm$ (от 3 до 8) %	
8	Усилитель селективный У2-11 (ЕХ2.039.063 ТУ)	Режимы работы: ФНЧ, ФВЧ, фильтр полосовой (ФП), фильтр режекторный, частотно-избирательный фильтр Число независимых каналов: 2. Диапазон усиливаемых частот F: 1 Гц-200 кГц (для ФВЧ); 0 Гц-99 кГц (для ФНЧ). Диапазон перестройки частоты F: 1 Гц-99 кГц (для ФВЧ и ФНЧ); 10 Гц-99 кГц (для ФП). δf : $\pm(5-8)\%$. Кп: 0; 10; 20 дБ (для каждого канала) с δ : $\pm(0,2-0,8)\%$ при Кп: 10 дБ. Ослабление сигнала для ФП: (34 ± 6) дБ (для одного канала); (68 ± 12) дБ (при последовательном включении каналов).	
9	Усилитель дифференциальный У7-6 (ЕХ2.032.167 ТУ)	Диапазон усиливаемых частот от 0 до 300 кГц Коэффициент усиления $10, 10^2, 10^3, 10^4$ Основная погрешность коэффициента усиления на частоте 1 кГц при коэф. усиления 10: $\pm[0,5+0,01(\Delta-1)]\%$ Основная погрешность коэффициента усиления	

		на частоте 1 кГц при коэф. усиления 10^2: $\pm[0,5+0,03(\Delta-1)]$ % Неравномерность частотной характеристики в диапазоне частот от 0,02 до 5 кГц: не более ± 1 % Напряжение шумов, приведенное ко входу, при коэффициенте усиления 10^3 в диапазоне частот от 0,01 до 10 кГц: ≤ 5 мкВ; Δ - отношение номинального входного напряжения к подаваемому на вход	
10	Аккумуляторный источник постоянного тока	Номинальное напряжение ± 12 В. Емкость не менее 500 мА·ч.	

Приложение Б

Вычисление неопределенности измерения значения коэффициента преобразования

Б.1 Расширенную неопределенность измерения коэффициента преобразования при коэффициенте охвата равным 2 вычисляют по формуле:

$$U = 2 \sqrt{u_A^2 + u_B^2}, \quad (1)$$

где u_A - стандартная неопределенность по типу А;

u_B - стандартная неопределенность по типу В.

Б.2 Стандартная неопределенность по типу А вычисляется по формуле

$$u_A(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n_i(n_i - 1)} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2}, \quad (2)$$

где $\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{q=1}^{n_i} x_{iq}$ - среднее арифметическое значения результатов i -й входной величины.

Б.3 Стандартная неопределенность по типу В вычисляется по формуле:

$$u_B = \left(u_{B,\text{Э}}^2 + u_{B,\text{ЭКГ}}^2 + u_{B,\text{ЭП}}^2 + u_{B,\text{ЭШ}}^2 + u_{B,\text{ЭТ}}^2 + u_{B,\text{ЭИТ}}^2 + \right. \\ \left. + u_{B,\text{ЭВ}}^2 + u_{B,\text{КГ}}^2 + u_{B,\text{П}}^2 + u_{B,\text{Ш}}^2 + u_{B,\text{Т}}^2 + u_{B,\text{ИТ}}^2 + u_{B,\text{В}}^2 \right)^{1/2}, \quad (3)$$

где $u_{B,\text{Э}}$ - стандартная неопределенность эталонного средства измерений (лазерного интерферометра или акселерометра);

$u_{B,\text{ЭКГ}}$ - стандартная неопределенность обусловленная нелинейными искажениями сигнала эталонного средства измерений;

$u_{B,\text{ЭП}}$ - стандартная неопределенность обусловленная наличием поперечной чувствительностью эталонного средства измерений и наличием поперечных и ротационных ускорений.

$u_{B,\text{ЭШ}}$ - стандартная неопределенность обусловленная воздействием фоновых и акустических шумов на эталонное средство измерений;

$u_{B,\text{ЭТ}}$ - стандартная неопределенность обусловленная влиянием температуры окружающей среды на эталонное средство измерений;

$u_{B,\text{ЭИТ}}$ - стандартная неопределенность измерительного тракта эталонного средства измерений при использовании дополнительного усилителя (фильтра);

$u_{B,\text{ЭВ}}$ - стандартная неопределенность измерения выходного напряжения эталонного средства измерений;

$u_{B,\text{КГ}}$ - стандартная неопределенность обусловленная нелинейными искажениями сигнала сейсмоприемника;

$u_{B,\text{П}}$ - стандартная неопределенность обусловленная наличием поперечной чувствительностью сейсмоприемника и наличием поперечных и ротационных ускорений.

$u_{B,Ш}$ - стандартная неопределенность обусловленная воздействием фоновых и акустических шумов на сейсмоприемник;

$u_{B,T}$ - стандартная неопределенность обусловленная влиянием температуры окружающей среды на сейсмоприемник;

$u_{B,ИТ}$ - стандартная неопределенность измерительного тракта сейсмоприемника при использовании дополнительного усилителя (фильтра);

$u_{B,B}$ - стандартная неопределенность измерения выходного напряжения сейсмоприемника.

Примечания

1) Стандартные неопределенности $u_{B,ЭП}$, $u_{B,ЭТ}$, $u_{B,ЭИТ}$, $u_{B,ЭВ}$ исключаются при использовании в качестве эталонного средства измерений лазерного измерителя вибрации.

2) Некоторые стандартные неопределенности в (16) не учтены ввиду их малости по сравнению с другими составляющими.

Б.3.1 Стандартная неопределенность эталонного средства измерений вычисляется по формуле:

$$u_{B,Э} = \frac{\theta_Э}{100\sqrt{3}} \quad (4)$$

где $\theta_Э$ - расширенная неопределенность градуировки эталонного акселерометра на базовой частоте и амплитуде (берется из паспорта поверочной виброустановки или сертификата о калибровке акселерометра) или, при использовании ЛИВ, относительная погрешность измерения виброперемещения (берется из паспорта ЛИВ), в процентах.

Б.3.2 Стандартная неопределенность обусловленная нелинейными искажениями сигнала эталонного средства измерений вычисляется по формуле:

$$u_{B,ЭКГ} = \frac{1 \left(K_{ЭГ} \right)^2}{2 \left(\frac{100}{3} \right)}, \quad (5)$$

где $K_{ЭГ}$ - коэффициент нелинейных искажений (коэффициент гармоник) сигнала эталонного акселерометра (по результатам измерений) или, при использовании ЛИВ, коэффициент гармоник воспроизводимого перемещения (из паспорта виброустановки), в процентах.

Б.3.3 Стандартная неопределенность обусловленная наличием поперечной чувствительностью эталонного акселерометра и наличием поперечных и ротационных ускорений вычисляется по формуле:

$$u_{B,ЭП} = \frac{K_{ЭОП} \cdot K_{ПА}}{10000\sqrt{3}}, \quad (6)$$

где $K_{ЭОП}$ - наибольшее значение относительного коэффициента поперечного преобразования эталонного акселерометра, в процентах;

$K_{ПА}$ - значение относительного коэффициента поперечных колебаний (берется из паспорта виброустановки или определяется по результатам измерений), в процентах.

Б.3.4 Стандартная неопределенность обусловленная наличием фоновых и акустических шумов вычисляется по формуле:

$$u_{B,ЭШ} = \frac{U_{ЭШ}}{\sqrt{3}} \frac{U_{Э}}{U_{ЭШ}}, \quad (7)$$

где $U_{ЭШ}$ - выходное напряжение эталонного акселерометра в отсутствии сигнала возбуждения, В;

$U_{Э}$ - выходное напряжение эталонного акселерометра при наличии сигнала возбуждения (при воспроизведении виброускорения), В;

Б.3.5 Стандартная неопределенность обусловленная влиянием температуры окружающей среды на эталонный акселерометр вычисляется по формуле:

$$u_{B,T} = \frac{\theta_{ЭТ} \cdot T - 20}{100 \sqrt{3}}, \quad (8)$$

где $\theta_{ЭТ}$ - дополнительная погрешность эталонного акселерометра, в процентах, вызванная изменением температуры окружающей среды (берется из паспорта эталонного акселерометра);

T - температуры окружающей среды в лабораторном помещении при проведении поверки, °С.

Б.3.6 Стандартная неопределенность измерительного тракта эталонного акселерометра при использовании дополнительного усилителя (фильтра) вычисляется по формуле:

$$u_{B,ЭИТ} = \frac{\theta_{ЭИТ}}{100 \sqrt{3}}, \quad (9)$$

где $\theta_{ЭИТ}$ - граница основной относительной погрешности измерительного тракта эталонного акселерометра при использовании дополнительного усилителя (фильтра), в процентах;

Б.3.7 Стандартная неопределенность измерения выходного напряжения эталонного акселерометра вычисляется по формуле:

$$u_{B,ЭВ} = \frac{\theta_{ЭВ}}{100 \sqrt{3}}, \quad (10)$$

где $\theta_{ЭВ}$ - граница основной относительной погрешности вольтметра, в процентах.

Б.3.8 Стандартная неопределенность обусловленная нелинейными искажениями сигнала сейсмоприемника вычисляется по формуле:

$$u_{B,КГ} = \frac{\frac{1}{2} \left(\frac{K_{Г}}{100} \right)^2}{\sqrt{3}} \quad (11)$$

где $K_{Г}$ - коэффициент нелинейных искажений (коэффициент гармоник) сигнала сейсмоприемника, в процентах.

Б.3.9 Стандартная неопределенность обусловленная наличием поперечной чувствительностью сейсмоприемника и наличием поперечных и ротационных ускорений вычисляется по формуле:

$$u_{B,П} = \frac{K_{ОП} \cdot K_{ПА}}{10000 \sqrt{3}}, \quad (12)$$

где $K_{ОП}$ - наибольшее значение относительного коэффициента поперечного преобразования сейсмоприемника (берется из формуляра сейсмоприемника или определяется по результатам измерений), в процентах;

$K_{ПА}$ - значение относительного коэффициента поперечных колебаний (берется из паспорта виброустановки или определяется по результатам измерений), в процентах;

Б.3.10 Стандартная неопределенность обусловленная наличием обусловленная наличием фоновых и акустических шумов вычисляется по формуле:

$$u_{B,Ш} = \frac{U_{Ш}/U}{\sqrt{3}}, \quad (13)$$

где $U_{Ш}$ - выходное напряжение сейсмоприемника в отсутствии сигнала возбуждения, В;

U - выходное напряжение сейсмоприемника при наличии сигнала возбуждения (при воспроизведении виброускорения), В;

Б.3.11 Стандартная неопределенность обусловленная наличием обусловленная влиянием температуры окружающей среды на сейсмоприемник вычисляется по формуле:

$$u_{B,T} = \frac{\theta_T \cdot |T - 20|}{100 \sqrt{3}}, \quad (14)$$

где θ_T - дополнительная погрешность сейсмоприемника, в процентах, вызванная изменением температуры окружающей среды (берется из формуляра сейсмоприемника);

T - температуры окружающей среды в лабораторном помещении при проведении поверки, °С.

Б.3.12 Стандартная неопределенность измерительного тракта сейсмоприемника при использовании дополнительного усилителя (фильтра) вычисляется по формуле:

$$u_{B,ИТ} = \frac{\theta_{ИТ}}{100 \sqrt{3}}, \quad (15)$$

где $\theta_{ИТ}$ - граница основной относительной погрешности измерительного тракта сейсмоприемника при использовании дополнительного усилителя (фильтра), в процентах;

Б.3.13 Стандартная неопределенность измерения выходного напряжения сейсмоприемника вычисляется по формуле:

$$u_{B,B} = \frac{\theta_B}{100 \sqrt{3}}, \quad (16)$$

где θ_B - граница основной относительной погрешности вольтметра, в процентах.

Б.4 Пример вычисления расширенной неопределенности измерения коэффициента преобразования при коэффициенте охвата равным 2

Б.4.1 При измерениях на поверочной виброустановке с применением эталонного акселерометра получены значения коэффициента преобразования сейсмоприемника:

$K_0 = 1.052; 1.051; 1.054; 1.053; 1.052; 1.052; 1.053; 1.052; 1.051 \text{ В} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-1}$.

$n = 10$;

Среднее значение коэффициента преобразования сейсмоприемника: $1.0522 \text{ В} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-1}$.

Б.4.2 Вычисление стандартной неопределенности по типу А вычисленное значение $u_A = 2.91 \times 10^{-4}$

(0,029 %), $u_A^2 = 8.44 \times 10^{-8}$. Б.4.3 Вычисление стандартной неопределенности по типу В

$u_{B,\Theta} = 0.00289$ (расширенная неопределенность градуировки эталонного акселерометра на базовой частоте и амплитуде из паспорта поверочной виброустановки $\theta_{\Theta} = 0,5 \%$);

$u_{B,\text{ЭКГ}} = 0.0000003$ (коэффициент нелинейных искажений (коэффициент гармоник) сигнала эталонного акселерометра $K_{\text{ЭГ}} = 0,1 \%$);

$u_{B,\text{ЭП}} = 0.00012$ (значение относительного коэффициента поперечного преобразования эталонного акселерометра (из паспорта) $K_{\text{ЭОП}} = 2 \%$; значение относительного коэффициента поперечных колебаний (из паспорта виброустановки) $K_{\text{ПА}} = 1 \%$);

$u_{B,\text{ЭШ}} = 0.00051$ (выходное напряжение эталонного акселерометра в отсутствии сигнала возбуждения $U_{\text{ЭШ}} = 0.0009$ В; выходное напряжение эталонного акселерометра при наличии сигнала возбуждения $U_{\Theta} = 1,012$ В);

$u_{B,\text{ЭТ}} = 0.00087$ (дополнительная погрешность эталонного акселерометра вызванная изменением температуры окружающей среды $\theta_{\text{ЭТ}} = 0,05 \text{ } ^\circ\text{C}$; температура окружающей среды в лабораторном помещении при проведении измерений $T = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$);

$u_{B,\text{ЭИТ}} = 0$ (дополнительные усилители, фильтры не использовались);

$u_{B,\text{ЭВ}} = 0.0023$ (граница основной относительной погрешности вольтметра при значении измеряемого напряжения 1,012 В на пределе 1 В на частоте 20 Гц $\theta_{\text{ЭВ}} = 0.399 \%$);

$u_{B,KГ} = 0.0000012$ (коэффициент нелинейных искажений (коэффициент гармоник) сигнала сейсмоприемника $K_{Г} = 0,2 \%$);

$u_{B,\text{П}} = 0.00029$ (значение относительного коэффициента поперечного преобразования сейсмоприемника (из формуляра сейсмоприемника) $K_{\text{ОП}} = 5 \%$; значение относительного коэффициента поперечных колебаний на частоте 20 Гц (из паспорта виброустановки) $K_{\text{ПА}} = 1 \%$);

$u_{B,\text{Ш}} = 0.00017$ (выходное напряжение сейсмоприемника в отсутствии сигнала возбуждения $U_{\text{Ш}} = 0.00031$ В; выходное напряжение сейсмоприемника при наличии сигнала возбуждения $U_{\Theta} = 1,064$ В);

$u_{B,T} = 0.00173$ (дополнительная погрешность сейсмоприемника вызванная изменением температуры окружающей среды $\theta_T = 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$; температура окружающей среды в лабораторном помещении при проведении измерений $T = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$);

$u_{B,\text{ИТ}} = 0$ (дополнительные усилители или фильтры не использовались);

$u_{B,B} = 0.00227$ (граница основной относительной погрешности вольтметра при значении измеряемого напряжения 1,064 В на пределе 1 В на частоте 20 Гц $\theta_B = 0.394 \%$);

Вычисленное значение $u_B = 0.00479$ (0,479 %), $u_B^2 = 2.29\text{E-}05$.

Б.4.3 Вычисленное значение расширенной неопределенности измерения коэффициента преобразования:

$U = 0.0096$ (0,96 %).