



ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«ОКТАВА-ЭЛЕКТРОНДИЗАЙН»  
ООО «ПКФ Цифровые приборы»

**Однократные прямые измерения  
уровней звука, звукового давления  
и вибрации приборами серий  
Октава и Экофизика**

МИ ПКФ-12-006  
Методика измерений

Приложение к руководствам по эксплуатации

ПКДУ.411000.03РЭ, ПКДУ.411000.005РЭ, ПКДУ.411000.010РЭ,  
ПКДУ.411000.003РЭ, ПКДУ.411000.001РЭ (АВНР.411171.007РЭ),  
ПКДУ.411000.001.02РЭ, ПКДУ.411000.001.03РЭ,  
ПКДУ.411000.002.01РЭ, РЭ 4381-003-76596538-06,  
РЭ 4381-002-76596538-05, РЭ 4277-002-76596538-05

Редакция 17

**Однократное измерение  
виброускорения приборами  
Экофизика, Экофизика-110А,  
Экофизика-110В, Экофизика-111В  
с использованием  
акселерометров типа 1V**

МИ ПКФ-23-080  
Методика измерений





**ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«ОКТАВА-ЭЛЕКТРОНДИЗАЙН»  
ООО «ПКФ Цифровые приборы»**

**Однократные прямые измерения  
уровней звука, звукового давления  
и вибрации приборами серий  
Октава и Экофизика**

**МИ ПКФ-12-006  
Методика измерений**

Приложение к руководствам по эксплуатации

ПКДУ.411000.03РЭ, ПКДУ.411000.005РЭ, ПКДУ.411000.010РЭ,  
ПКДУ.411000.003РЭ, ПКДУ.411000.001РЭ (АВНР.411171.007РЭ),  
ПКДУ.411000.001.02РЭ, ПКДУ.411000.001.03РЭ, ПКДУ.411000.002.01РЭ,  
РЭ 4381-003-76596538-06, РЭ 4381-002-76596538-05,  
РЭ 4277-002-76596538-05

**Редакция 17**

**Однократное измерение виброускорения  
приборами Экофизика, Экофизика-110А,  
Экофизика-110В, Экофизика-111В  
с использованием акселерометров типа 1V**

**МИ ПКФ-23-080  
Методика измерений**

Москва 2024

**Учебный центр приборостроительного объединения  
«Октава-ЭлектронДизайн» находится по адресу:**

г. Москва, ул. Годовикова, д. 9, Технопарк «Калибр», [uc@octava.info](mailto:uc@octava.info)

**ООО «ПКФ Цифровые приборы»**

(производство и ремонт – номер в реестре  
уведомлений Росстандарта 120СИ0000030312).

Адрес для переписки:

129281, Москва, ул. Енисейская, д. 24, 150

Тел. / факс: +7 (495) 225-55-01, (499) 136-82-30

e-mail: [info@octava.info](mailto:info@octava.info)

[www.octava.info](http://www.octava.info)

**Оглавление**

1. Введение .....	4
2. Методика однократного прямого измерения уровня звука .....	6
3. Методика однократного прямого измерения корректированного ускорения общей и локальной вибрации .....	10
4. Методика однократного прямого измерения уровней ускорения в октавных и третьоктавных полосах частот .....	18
5. Методика однократного прямого измерения уровня звукового давления в октавных (третьоктавных) полосах частот в диапазоне 31,5–16 000 Гц (25–20 000 Гц).....	25
6. Методика однократного прямого измерения уровня звукового давления в октавных (третьоктавных) полосах частот в диапазоне 2–16 Гц (1,6–20 Гц) и в полосе частот фильтра FI.....	31
7. Методика однократного прямого измерения уровня звукового давления в третьоктавных полосах частот в диапазоне 12 500–100 000 Гц.....	34
8. Методика однократного прямого измерения уровней виброскорости с датчиком AV-01 .....	37
9. Методика однократного прямого измерения уровней виброскорости в октавных и третьоктавных полосах частот с использованием акселерометров .....	40
<b>Приложение № 1.</b> Список терминов, употребляемых в технической документации ПО «Октава-ЭлектронДизайн».....	45
<b>Приложение № 2.</b> Учет особенностей микрофонных капсюлей и принадлежностей при прямых измерениях уровней звука (УЗ) и звукового давления (УЗД).....	56
<b>Дополнение № 1.</b> О приборах Октава-110А (ЭКО), Октава-110В (ЭКО), Экофизика.....	62
МИ ПКФ-23-080. Методика однократных измерений виброускорения приборами Экофизика, Экофизика-110А, Экофизика-110В, Экофизика-111В с использованием акселерометров типа 1V .....	63

## 1. Введение

Однократное прямое измерение проводится для определения количественного значения величины «в данном месте в данное время». Точность прямого однократного измерения определяется инструментальной погрешностью и присутствием оператора.

Проведя измерение по приведенной ниже методике, мы сможем сказать, что во время измерения уровень звука или вибрация в контрольной точке имели такое-то значение с такой-то точностью.

Однако, если затем мы захотим интерпретировать наши измерения более широко, точность нашей оценки, скорее всего, ухудшится. Например, если мы будем трактовать 15-минутное измерение уровня шума как оценку шумового воздействия за 8-часовую рабочую смену, то точность этой оценки будет значительно ниже точности средства измерения, так как неопределенность будет обусловлена вариациями шума в течение всей рабочей смены.

Подобные проблемы возникают из-за того, что мы измеряем что-то одно (например, ускорение на основании датчика), а затем применяем этот результат для оценки чего-то другого (например, воздействия вибрации на рабочего в течение условной рабочей смены). Для того чтобы этими оценками можно было пользоваться, они должны выполняться в контролируемых условиях, то есть в соответствии со специализированными методами. Назовем их методами измерения шумовых и вибрационных характеристик. Они формулируются в соответствующих стандартах и аттестованных методиках измерений и не являются предметом рассмотрения этого документа.

### Как пользоваться этим документом

Настоящий документ является частью эксплуатационной документации (руководства по эксплуатации) соответствующих шумомеров (анализаторов спектра, виброметров), обозначение которых приведено на обложке и в Дополнении №1. При проведении измерений необходимо руководствоваться не только этим документом, но и требованиями всех остальных частей эксплуатационной документации.

Для удобства пользователей в каждом разделе приведены сводные таблицы диапазонов и погрешностей однократных измерений. Этими таблицами можно руководствоваться также для подготовки протоколов измерений (с учетом фактической чувствительности применяемых первичных преобразователей), формирования области аккредитации и паспорта лаборатории и т. п.

Показателем точности измерений в данной методике является погрешность.

Эти сведения могут быть использованы лабораториями для оценки инструментальной составляющей неопределенности измерений.

В соответствии с ГОСТ 34100.3-2017 / Руководство ИСО/МЭК 98:3-2008, стандартная неопределенность представляет собой неопределенность результата, выраженного через стандартное отклонение.

Указанные в таблицах настоящего документа предельные значения погрешности следует рассматривать в качестве границ  $\theta_{\Sigma}$  неисключенной систематической погрешности (НСП) по ГОСТ Р 8.736, а среднеквадратичное отклонение НСП можно понимать как стандартную неопределенность прямого однократного измерения по типу В или как инструментальный вклад в неопределенность многократных и/или косвенных измерений. Таким образом, в этом случае стандартная неопределенность измерения вычисляется по формуле:

$$u_B = \frac{\theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}}$$

Если границы НСП несимметричны, то неопределенность рассчитывают по формуле:

$$u_B = \frac{\theta_+ - \theta_-}{\sqrt{12}}, \text{ где } \theta_+ \text{ и } \theta_- \text{ – верхняя и нижняя границы НСП.}$$

Для оценки границ интервалов неопределенности прямых измерений следует руководствоваться следующими соотношениями:

Верхняя граница двустороннего интервала неопределенности для уровня доверия 0,95 рассчитывается по формуле:

$$L_{U+(0.95)} = L_{\text{ИЗМ}} + 2 \times u_B$$

Нижняя граница двустороннего интервала неопределенности для уровня доверия 0,95 рассчитывается по формуле:

$$L_{U-(0.95)} = L_{\text{ИЗМ}} - 2 \times u_B$$

Верхняя граница одностороннего интервала неопределенности для уровня доверия 0,95 рассчитывается по формуле:

$$L_{U+(0.95)} = L_{\text{ИЗМ}} + 1,645 \times u_B$$

## 2. Методика однократного прямого измерения уровня звука

Средства измерения указаны в **Таблице УЗ-1** (см. также Дополнение № 1).

1. Подсоединить измерительный микрофон к индикаторному блоку в соответствии со схемами подключения в руководстве по эксплуатации.

При оперативных измерениях микрофонный предусилитель допустимо подключать непосредственно к входному разъему индикаторного блока (**ИИБ Октава-110А, Октава-101АМ, Октава-110А-ЭКО, Октава-111, ИМ 110А** для прибора **Экофизика-110А**). При измерениях уровней звука с **ИМ НФ** для приборов **Экофизика-110А** и **Экофизика** микрофонный предусилитель следует подключать исключительно через удлинительный кабель. В тех случаях, когда присутствие оператора в измерительной точке может привести к искажению результатов или затруднено по иным причинам, микрофонный предусилитель устанавливается в нужном месте с помощью штатива, например **TRP001R**, и подсоединяется к индикаторному блоку с помощью удлинительного кабеля. При измерениях на открытом воздухе целесообразно использовать ветрозащиту **W2** или **W3**. Однако, если скорость ветра (скорость движения воздуха) превышает  $3\div 4$  м/с, результаты измерения будут искажены. **Дополнительная погрешность измерения уровня звука при использовании ветрозащиты не превышает  $\pm 0,2$  дБ.**

***Примечание.** Ветрозащита эффективна только при измерениях в слышимой области частот. Измерения звукового давления на низких частотах (ниже 100 Гц) в условиях сильных воздушных потоков будут искажаться даже при наличии ветрозащиты.*

2. При измерениях звука важно помнить, что микрофон должен находиться в термодинамическом равновесии с окружающей средой. Поэтому при перенесении микрофона из теплой среды в холодную и наоборот необходимо выждать не менее 30 минут.
3. Перед проведением измерений следует проверить калибровку шумомера с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации. При подаче калибровочного сигнала показания шумомера должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах  $\pm 0,3$  дБ.

Для выполнения проверки калибровки применяют акустические калибраторы АК-1000, CAL200, Тип 4231 или иные калибраторы, рекомендуемые производителем шумомера. **Акустический калибратор Защита-К не разрешается применять для выполнения или проверки калибровки акустических трактов приборов, указанных выше.**

4. Приборы серий **Октава** и **Экофизика** в комплекте с микрофонными капсулями **ВМК-205, МК-265, МК-233, ВМК-201 (М-201)** и их аналогами (например, В&К 4165, GRAS 40AN, LD 2541, LD 2540, BSWA MP201, ZT-333, МК-221) измеряют уровень звука и звукового давления, которые были бы в измерительной точке свободного звукового поля в отсутствие микрофона. Главная ось микрофона перпендикулярна мембране микрофонного капсуля и направлена по оси предусилителя. При измерениях в свободном поле главная ось микрофона должна быть направлена на источник звука.
5. При измерении шума в ручном режиме оператор должен находиться на расстоянии не менее чем 50 см от микрофона так, чтобы отражения от его тела не сказывались на результатах.
6. После включения шумомера и напряжения поляризации необходимо выждать не менее 60 секунд, прежде чем начинать измерения.
7. Измерение запускается клавишей **СТАРТ**. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти в ручном и автоматическом режимах.



- Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя (при наличии).
8. Текущие показания уровней звука с временными коррекциями **F, S, I** считываются на индикаторе шумомера рядом с метками **Fast, Slow, Imp**.
  9. Максимальные уровни звука с временными коррекциями **F, S, I** считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Max**.
  10. Средний по времени (эквивалентный) уровень звука считывается на индикаторе шумомера рядом с меткой **Leq**. В последней строке индикаторного экрана считывают продолжительность измерения (усреднения по времени) эквивалентного уровня и уровня звукового воздействия.
  11. Уровень звукового воздействия считывается на индикаторе рядом с меткой **LE**.
  12. Пиковый уровень звука считывается на индикаторе рядом с меткой **Pk (Peak)**.
  13. Диапазоны и погрешности измерения уровней звука приведены в **Таблице 1**.
  14. Для учета дополнительных погрешностей на влияние ветрозащиты и внешних факторов следует пользоваться формулой:

$$\Delta L = 20 \lg \left( 1 + \sqrt{(10^{\Delta_1 / 20} - 1)^2 + \sum (10^{\Delta_k / 20} - 1)^2} \right)$$

где  $\Delta_1$  – модуль погрешности измерения звука в соответствии с **Таблицей УЗ-1**,  $\Delta_k$  –  $k$ -я дополнительная погрешность в децибелах.

Источником дополнительных погрешностей  $\Delta_k$  могут быть дополнительные принадлежности или влияние внешних факторов – температуры, давления, влажности. В частности, указанные в таблице.

**Таблица УЗ-ДП-1**

Воздействующий фактор	Пределы дополнительной погрешности
Применение ветрозащиты W2 или W3	±0,2 дБ
Применение микрофонных удлинительных кабелей EXCXXR более 15 м	±0,1 дБ
Проведение измерений при относительной влажности воздуха <ul style="list-style-type: none"> <li>• в диапазоне 40...60 % ОВ</li> <li>• в диапазоне 30...40 % ОВ или 60...70 % ОВ</li> <li>• в диапазоне 10...30 % ОВ или 70...90 % ОВ</li> </ul>	±0,05 дБ ±0,1 дБ ±0,2 дБ
Проведение измерений при температуре воздуха <ul style="list-style-type: none"> <li>• в диапазоне +15...+30°С</li> <li>• в диапазоне +5 ...+15°С или +30...+40°С</li> <li>• в диапазоне -10...+5°С или +40...+50°С</li> </ul>	±0,15 дБ ±0,3 дБ ±0,7 дБ

В том случае, если эксплуатационная документация содержит калибровочные настройки для какого-либо из приведенных выше или иного воздействующего фактора, при проведении измерений с использованием данной калибровочной настройки соответствующая дополнительная погрешность принимается равной нулю.

15. После проведения измерений следует проверить калибровку шумомера с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации.
16. Проверка калибровки шумомера непосредственно в контрольной точке выполняется в тех случаях, когда возникают сомнения в исправности шумомера. В остальных случаях проверку калибровки допускается выполнять в иных местах, где соблюдаются условия эксплуатации шумомера и калибратора, при этом интервал времени между проверкой калибровки и выполнением измерения не должен быть больше 16 ч. При замене микрофонного капсюля в контрольной точке проверка калибровки сразу после операции замены является обязательной.

Таблица УЗ-1. Виды комплектации приборов для работы в режиме шумомера

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувствительность, $S_{ном}$ , мВ/Па	Диапазон измерения при номинальной чувствительности*	Погрешность** измерения, не более, дБ
ОКТАВА-110А-ЭКО  ОКТАВА-110А	ЭкоЗвук-110А  Звук+	ИИБ ОКТАВА-110А-ЭКО или ОКТАВА-110А Предусилитель Р200/Р200(К) Калибратор АК-1000 Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Синусоидальный сигнал частоты 1000 Гц:</b> ±0,7 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); ±1,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <b>Постоянный и колеблющийся шум:</b> ±0,7 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); ±0,9 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <b>Импульсный шум:</b> ±0,7 дБ (при длительности импульса до 200 мс, <math>F_{Max} - S_{Max} &lt; 6</math> дБ); ±1,1 дБ (при длительности импульса от 100 до 5 мс для характеристик F и Leq и от 100 до 50 мс для характеристики S).</li> <li>• <b>Погрешность измерения пикового уровня:</b> ±1,0 дБ в диапазоне уровней от нижней границы диапазона измерений до +3 дБ к верхней границе диапазона измерений.</li> </ul>
		Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZТ-333)	50	22–139 дБА, 27–139 дБС, 31–139 дБZ	
		Микрофон М-201, МК-233	14	33–150 дБА, 38–150 дБС, 42–150 дБZ	
		Микрофон ВМК-201	12,5		
ОКТАВА-101АМ	Звук	ИИБ ОКТАВА-101АМ Предусилитель КММ400 Калибратор АК-1000 Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на четыре поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Погрешность измерения пикового уровня:</b> ±1,0 дБ в диапазоне уровней от нижней границы диапазона измерений до +3 дБ к верхней границе диапазона измерений.</li> </ul>
		Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZТ-333)	50	22–145 дБА, 27–145 дБС, 31–145 дБZ	
		Микрофон М-201, МК-233	14	33–156 дБА, 38–156 дБС, 42–156 дБZ	
		Микрофон ВМК-201	12,5		
ОКТАВА-111		ИИБ ОКТАВА-111 Предусилитель Р200/Р200(К) Калибратор АК-1000 Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Тональный и широкополосный шум, не содержащий импульсов:</b> ±0,6 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); ±0,9 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <b>Импульсный шум:</b> ±0,6 дБ (при длительности импульса до 200 мс, <math>F_{max} - S_{max} &lt; 6</math> дБ); ±1,0 дБ (при длительности импульса от 100 до 5 мс для характеристик Fast и Leq и от 100 до 50 мс для характеристики Slow).</li> </ul>
		Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZТ-333)	50	19–140 дБА, 18–140 дБАU, 21–140 дБС, 24–140 дБZ	
		Микрофон М-201, МК-233	14	30–151 дБА, 29–151 дБАU, 32–151 дБС, 35–151 дБZ	
		Микрофон ВМК-201	12,5		

Модель	Режим измерения	Комплек- тация	Номи- нальная чувстви- тельность, $S_{ном}$ , мВ/Па	Диапазон измерения при номи- нальной чувстви- тельности*	Погрешность** измерения, не более, дБ
Экофизика  Экофизика-110А	ЭкоЗвук  ЭкоЗвук-ЭФБ-110А	ИБ Экофизика-D или ИБ Экофизика-D ИМ 110А или HF Предусилитель P200/P200(К) Калибратор АК-1000 Кабель ЕХС00XR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Синусоидальный сигнал частоты 1000 Гц:</b> ±0,7 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); ±1,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <b>Постоянный и колеблющийся шум:</b> ±0,7 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); ±0,9 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <b>Импульсный шум:</b> ±0,7 дБ (при длительности импульса до 200 мс, Fast_Max – Slow_Max &lt; 6 дБ); ±1,1 дБ (при длительности импульса от 100 до 5 мс для характеристик Fast и Leq и от 100 до 50 мс для характеристики Slow).</li> <li>• <b>Погрешность измерения пикового уровня:</b> ±1,0 дБ в диапазоне уровней от нижней границы диапазона измерений до +3 дБ к верхней границе диапазона измерений.</li> </ul>
		Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZТ-333)	50	22–139 дБА, 27–139 дБС, 31–139 дБZ	
		Микрофон М-201, МК-233	14	33–150 дБА, 38–150 дБС, 42–150 дБZ	
		Микрофон ВМК-201	12,5		
		Микрофон МК-301, 4135	5	42–159 дБА, 47–159 дБС, 51–159 дБZ	
		Микрофон ВМК-401, ВМК-402А, 4136	1,5	51–168 дБА, 56–168 дБС, 60–168 дБZ	
		Микрофон МС-402А	0,4	60–176 дБА, 64–176 дБС, 67–176 дБZ	

\* Указанные в таблице пределы диапазонов измерений соответствуют максимальным и минимальным уровням звука, которые шумомер измеряет в соответствии с требованиями класса 1 по ГОСТ Р 53188.1. Специализированные методики измерений могут позволять производить оценку уровней звука ниже минимального предела благодаря учету собственных шумов или фона, либо посредством перехода от двустороннего к одностороннему интервалу неопределенности.

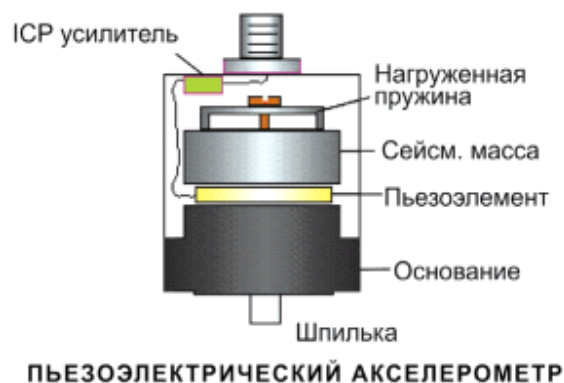
\*\* Здесь и далее для выражения погрешности приведены границы неисключенной систематической погрешности (НСП).

### 3. Методика однократного прямого измерения скорректированного ускорения общей и локальной вибрации

Средства измерения указаны в **Таблице В-1**.

1. Выбор первичного преобразователя. Типовая схема подключения вибродатчиков к приборам серий **Октава** и **Экофизика** рассчитана на применение пьезоакселерометров со встроенной электроникой типа **IEPE (ICP)**. Эти датчики не имеют многих недостатков, свойственных классическим пьезоакселерометрам.

Чувствительным элементом пьезоакселерометра является пьезокристалл с присоединенной массой. При вибрации масса по инерции давит на пьезокристалл, поэтому на гранях последнего возникает электрический заряд (явление «пьезоэлектричество»). Величина заряда пропорциональна силе, а следовательно, и ускорению.



Пьезоакселерометры обладают уникальными преимуществами по сравнению с иными типами датчиков вибрации: широчайший динамический диапазон (до 180 дБ!), большой частотный диапазон при малых размерах и весе. Основной недостаток классического (пассивного) пьезоакселерометра – очень большое электрическое сопротивление. Из-за этого возникает необходимость использовать специальные схемы усиления и согласования сигнала, дорогостоящие antivибрационные кабели. Замена кабеля в такой системе может привести к изменению чувствительности всего измерительного тракта. Если кабель пассивного пьезоакселерометра дрожит или изгибается, то на выходе мы увидим паразитные сигналы, вызванные трибоэлектричеством (возникновение электрических зарядов вследствие трения). Поэтому кабели таких датчиков положено фиксировать через каждые 15–20 см, что затруднительно при оперативных измерениях.

Датчики, применяемые с приборами серий **Октава** и **Экофизика** (**1V151НС, 1V154НС, 1V101НВ, 1V102НВ, 1V401НС, АР2037, АР98, АР2082, АР2038, ДН-4-Э, АР2099, АР2098, АР2006, и др.**), не имеют описанных недостатков. Они относятся к типу **IEPE (ICP)**. Внутри датчика находится электрическая схема усиления, поэтому их еще называют «датчиками со встроенной электроникой».

Датчики со встроенной электроникой работают успешно, если температура поверхности не очень высокая (обычно до 100°C).

Классические, не-IEPE, или зарядовые, пьезоакселерометры могут быть подсоединены к прибору с помощью усилителя заряда (формирователем сигнала) **A12x-xxx, АР5000-х** или **AQ05**.

Датчики вибрации, применяемые с прибором, могут быть **однокомпонентными** (например, **1V101НВ, 1V102НВ, 1V103ТВ, 1V104НА, 1V401НС, ДН-4-Э, АР2098, АР98, АР2037, АР2099, АР2006**) или **трехкомпонентными** (например, **1V151НС, 1V154НС, АР2038Р, АР2082М**).

Однокомпонентный датчик позволяет измерить только одну компоненту вибрации в направлении оси чувствительности (ось чувствительности такого датчика ортогональна плоскости основания). Если необходимо измерить все три компоненты вибрации, то

нужно последовательно переставлять датчик, ориентируя его во взаимно перпендикулярных направлениях.

Трехкомпонентный датчик содержит три взаимно перпендикулярных чувствительных элемента и одновременно измеряет все три составляющих виброускорения. Направления осей чувствительности вибропреобразователя указаны на маркировке на корпусе датчика. При установке на объект трехкомпонентный датчик нужно ориентировать так, чтобы направления осей чувствительности **X**, **Y**, **Z** совпадали с интересующими направлениями вибрации.

**Таблица В-1-ВП. Полезные замечания по выбору датчика вибрации**

Датчик	Тип вибрации	Транспортная и транспортно-технологическая вибрация (сиденья)	Вибрация на полу	Локальная вибрация (умеренная: рычаги управления, рулевое управление, неударный инструмент)	Сильная локальная вибрация (ударный инструмент, шлифовальные машины, заточные станки и т. п.)
<b>AP2082M-100</b> (100 мВ/г), трехкомпонентный		Оптимально. Адаптер: <b>003РД</b>	Производственные и коммунальные вибрации (исключая очень слабые). Адаптер: <b>003ОП, 004ОП</b>	Допускается использование. Адаптеры: <b>002КР, 022КБ</b>	Не рекомендуется
<b>1V151HC-100</b> (100 мВ/г), трехкомпонентный		Оптимально. Адаптер: <b>003РД</b>	Производственные и коммунальные вибрации (исключая очень слабые). Адаптер: <b>003ОП, 004ОП</b>	Допускается использование. Адаптеры: <b>002КР, 022КБ</b>	Не рекомендуется
<b>AP2038P-10</b> (10 мВ/г), трехкомпонентный		На жестких и плоских поверхностях. Адаптер: <b>003РД, 002ОТ</b>	Сильные вибрации выше 10 мм/с <sup>2</sup> . Адаптер: <b>003ОП, 004ОП</b>	Допускается использование. Адаптеры: <b>002КР, 022КБ</b>	Допускается использование (есть некоторый риск перегрузки). Адаптеры: <b>002КР, 022КБ</b>
<b>1V151HC-10</b> (10 мВ/г), трехкомпонентный		Оптимально. Адаптер: <b>003РД, 002ОТ</b>	Сильные вибрации выше 10 мм/с <sup>2</sup> . Адаптер: <b>003ОП, 004ОП</b>	Допускается использование. Адаптеры: <b>002КР, 022КБ</b>	Допускается использование. Адаптеры: <b>002КР, 022КБ</b>
<b>AP2037-10, 1V102HB-10, 1V102TB-10</b> (10 мВ/г), однокомпонентный		Не рекомендуется	Производственные вибрации. Может использоваться для измерений вибрации порядка 10 мм/с <sup>2</sup> . Адаптер: <b>004ОП</b>	Только для ориентировочных измерений	Не рекомендуется
<b>AP98, AP2098, AP2037-100, 1V102HB-100, 1V102TB-100</b> (100 мВ/г), однокомпонентный	Производственные и коммунальные вибрации. Может использоваться для измерений вибрации порядка 1 мм/с <sup>2</sup> .				
<b>ДН-4-Э</b>	Адаптер: <b>004ОП</b>				
				Не рекомендуется	

Датчик \ Тип вибрации	Транспортная и транспортно-технологическая вибрация (сиденья)	Вибрация на полу	Локальная вибрация (умеренная: рычаги управления, рулевое управление, неударный инструмент)	Сильная локальная вибрация (ударный инструмент, шлифовальные машины, заточные станки и т. п.)
AP2031, однокомпонентный, AP2022, трехкомпонентный	-	-	-	Для установки на тонкие пластины
AP2099-100, 1V101NB-100 (100 мВ/г), однокомпонентный, 1V154HC-100 (100 мВ/г) трехкомпонентный	-	Коммунальная вибрация. Слабые вибрации строительных и инженерных конструкций. Адаптер <b>004ОП</b>	-	-
AP2006-500 (500 мВ/г), однокомпонентный, 1V401HS-500 (500 мВ/г), однокомпонентный	-	Сверхслабые низкочастотные вибрации	-	-

2. Подсоединить вибропреобразователь к индикаторному блоку в соответствии со схемами подключения в руководстве по эксплуатации.
3. Перед проведением измерений рекомендуется проверить калибровку виброметра с помощью портативного виброкалибратора или вибрационного стенда в соответствии с руководством по эксплуатации.

Рекомендуемые модели портативных виброкалибраторов: KB-160, AT01, AT01m, 394C06. ***Вибрационный калибратор ВК 16/160 не разрешается применять для выполнения калибровки или проверки калибровки вибрационных трактов приборов, указанных выше.***

Проверку калибровки предпочтительно осуществлять в том же режиме, в котором будут производиться измерения. Если в этом режиме прибор позволяет осуществлять частотный анализ спектра, то проверку калибровки выполняют, сравнивая показания виброметра в соответствующем 1/3-октавном (или октавном) фильтре с уровнем калибровочного сигнала.

При подаче калибровочного сигнала опорной частоты (80 Гц для локальной вибрации и 16 Гц для общей вибрации) показания виброметра должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах:

- для уровней общей вибрации с коррекцией  $F_k, F_m : \pm 0,3$  дБ;
- для уровней локальной вибрации с коррекцией  $F_h : \pm 0,3$  дБ.

При подаче калибровочного сигнала частоты 159 Гц показания виброметра в 1/3-октаве 160 Гц должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах:  $\pm 0,4$  дБ.

Проверку калибровки можно выполнить заранее (в пределах 24 часов до запуска измерений), если измерения будут выполняться с тем же вибропреобразователем.

Проверку калибровки проводят в обязательном порядке сразу после каждой замены вибропреобразователя и (или) кабеля вибропреобразователя.

Если проверка калибровки непосредственно перед измерением не проводится, следует провести опробование виброметра:

- проверить отсутствие механических повреждений кабеля, вибропреобразователя и прибора;
- проверить соответствие внутренних настроек прибора паспортным данным и результатам последней поверки;
- убедиться, что виброметр реагирует на вибрацию, а при отсутствии вибрации (в состоянии покоя) обеспечивает показания, близкие к типичным для данной лаборатории фоновым уровням.

4. Установить вибропреобразователь на вибрирующую поверхность.

**Таблица. Рекомендуемые способы установки**

	003OP 004OP	Платформа напольная для измерений вибрации на полу <sup>1</sup> (применяется для измерений общей вибрации). Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки
	002OT	Платформа-диск для измерений вибрации 3-компонентным датчиком на жестком и плоском сиденье. Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки
	001OT	Кубик для установки однокомпонентного датчика с различной ориентацией на платформу 002OT (см. выше)
	003RD	Полужесткий диск для установки 3-компонентного датчика 1V151HC, AP2082M или AP2038P. Применяется для измерений вибрации на любых сиденьях
	002KP	Адаптер кисти руки (одно положение установки 3-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента
	001KP	Адаптер кисти руки (три положения установки 1-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента

<sup>1</sup> Для этой же цели можно использовать металлический лист 50x50 мм, к которому датчик крепится с помощью резьбовой шпильки (оптимальный вариант) либо магнита или мастики – см. ГОСТ 31191.2.

	022КР	Адаптер рукоятки для измерений. Зажимается между ладонью и рукояткой вибрирующего инструмента
	022КБ	Адаптер для установки вибродатчика на трубчатую поверхность (рукоятки, рулевое управление и пр.)
	АМ-01-ОКТ	Магнит для крепления датчика к металлическим магнитным поверхностям. Датчик крепится к магниту с помощью шпильки
	ММ-01-ОКТ	Площадка для клеевого крепления к поверхности. Датчик крепится к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348
	МП-03-ОКТ	Многопозиционная площадка для клеевого крепления к поверхности. Датчики крепятся к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348
	АВ-01	Восковая мастика для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц

Основание датчика должно плотно прилегать к вибрирующей поверхности.

При креплении на шпильке следует убедиться, что между основанием датчика и вибрирующей поверхностью отсутствуют зазоры. Не допускается крепление датчика к неплоским поверхностям, а также к поверхностям, содержащим заусенцы и грязь и т. п.

При измерении высокочастотных вибраций (выше 3–5 кГц) следует использовать только резьбовое крепление на шпильках или винтах, либо клеевое крепление с использованием твердых (каталитических или термореактивных) клеев (последнее сокращает срок службы датчика).

Крепление на магните может использоваться только для измерений не выше 3–5 кГц.

При установке нескольких ВП на общую проводящую поверхность могут возникать электрические помехи, которые особенно сильно проявляются на частоте 50 Гц.

Для устранения или уменьшения влияния электрической помехи следует:

- крепить ВП посредством изолирующей шпильки (не входит в типовой комплект, запрашивается дополнительно у изготовителя);
- проводить измерения одним датчиком последовательно;
- использовать ВП с изолированным основанием.

**Примечание.** Если при отсутствии вибрационного сигнала на основании акселерометра уровень виброускорения в третьоктаве 50 Гц отличается в большую



сторону от уровней виброускорения в третьоктавах 40 Гц и 63 Гц не более, чем на 6 дБ, то можно считать, что электрическая помеха отсутствует.

Ориентировать трехкомпонентный акселерометр необходимо согласно маркировке на корпусе датчика виброускорения.

5. После включения виброметра выждать не менее 40–60 секунд, прежде чем начинать измерения.
6. Измерение запускается клавишей **СТАРТ**. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя (при наличии).
7. Показания текущих среднеквадратичных уровней скорректированного ускорения считываются на индикаторе виброметра рядом с метками **СКЗ-1с**, **СКЗ-5с**, **СКЗ-10с**.
8. Максимальные текущие среднеквадратичные уровни скорректированного ускорения считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Max**.
9. Показания **MTVV (максимального СКЗ 1 сек)** считываются на индикаторе виброметра рядом с метками **СКЗ-1с**, **MAX** и **MTVV** (в зависимости от модели).
10. Эквивалентный уровень скорректированного ускорения считывается на индикаторе виброметра рядом с меткой **Leq**. В последней строке индикаторного экрана считывают продолжительность измерения (усреднения по времени) эквивалентного уровня.
11. Доза вибрации считывается на индикаторе виброметра рядом с меткой **VDV**.
12. Пиковый уровень скорректированного ускорения для полного интервала измерений считывается на индикаторе виброметра рядом с меткой **Пик** напротив метки **Leq**.
13. Пиковые уровни скорректированного ускорения за последние 1 с, 5 с и 10 с считываются на индикаторе виброметра рядом с меткой **Пик** напротив меток «**1 сек**», «**5 сек**» и «**10 сек**» соответственно.
14. Поправка на собственные шумы. При измерении малых уровней вибрации следует сопоставить показания прибора с уровнями собственных шумов акселерометра. Если разность между показанием прибора и соответствующим уровнем собственных шумов находится в пределах от 3 дБ до 10 дБ, необходимо вносить поправку в результаты измерения.

Поправка  $\varepsilon$  на влияние собственных шумов (величина, которую нужно вычесть из показаний прибора) рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon(\text{дБ}) = \Delta - 10 \lg(10^{0,1\Delta} - 1),$$
 где  $\Delta$  – разность показания прибора и уровня собственных шумов, дБ.

Собственные шумы вибропреобразователя (ВП) из состава виброметра определяются согласно:

- эксплуатационной документации на виброметр;
- по протоколу измерений собственных шумов ВП, проведенных по методике, согласованной с производителем.

15. Диапазоны и погрешности измерения скорректированных ускорений приведены в **Таблице В-1**.

**Таблица В-1.** Виды комплектации приборов для работы в режиме виброметра

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувствительность, $S_{ном}$ , мВ/мс <sup>-2</sup>	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. 1 мкм/с <sup>2</sup> *	Погрешность измерения, не более, дБ
Октава-110А Октава-110А-ЭКО Экофизика-110А	Общая вибрация-1	ИИБ (измерительно-индикаторный блок) Адаптер 110А-IEPE (не требуется для работы с каналом А)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Синусоидальный сигнал опорной частоты (16 Гц для общей вибрации; 80 Гц – для локальной вибрации):</b> ±0,3 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ±0,6 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <b>Безударная вибрация:</b> ±1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ±1,2 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений); ±2,0 дБ (для вибраций с ярко выраженным преобладанием низкочастотных или высокочастотных составляющих: 0,5–1,25 Гц / 63–125 Гц для общей вибрации и 6,3–8 Гц / 1000–1600 Гц для локальной вибрации).</li> <li>• <b>Ударная вибрация:</b> ±1,0 дБ</li> </ul>
	Локальная вибрация-1	ВП AP2037-100 (AP2098, AP98, AP2082M-100, AP2038-100, AP2038P-100, 1V151HC-100, 1V102HB-100, 1V102TB-100)	10	60–174 (Wd), 60–174 (Wk), 58–174 (Wm), 66–174 (Wh)	
	Общая вибрация ЭФБ-110А	Вибропреобразователь AP2037-10, AP2038P-10, 1V151HC-10, 1V102HB-10, 1V102TB-10	1	80–194 (Wd), 80–194 (Wk), 78–194 (Wm), 86–194 (Wh)	
	Локальная вибрация ЭФБ-110А	Вибропреобразователь ДН-4-Э	1,1	62–192 (Wd), 60–192 (Wk), 58–192 (Wm), 66–192 (Wh)	
	Общая вибрация ЭФБ-НФ (канал А)	Вибропреобразователь AP2031-3	0,3	86–204 (Wd), 90–204 (Wk), 90–204 (Wh)	
	Локальная вибрация ЭФБ-НФ (канал А)	Вибропреобразователь AP2099-100, 1V101HB-100, 1V154HC-100	10	54–174 (Wd), 51–174 (Wk), 53–174 (Wm)	
		Вибропреобразователь AP2006-500	50	36–161 (Wd), 36–161 (Wk), 36–161 (Wm)	
		Вибропреобразователь 1V401HS-500	50	36–161 (Wd), 36–161 (Wk), 36–161 (Wm)	

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувствительность, $S_{ном}$ , мВ/мс <sup>-2</sup>	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. 1 мкм/с <sup>2</sup> *	Погрешность измерения, не более, дБ
Октава-101ВМ	Общая / Локальная вибрация-3	ИИБ (измерительно-индикаторный блок)		Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Синусоидальный сигнал опорной частоты (16 Гц для общей вибрации; 80 Гц – для локальной вибрации):</b> ±0,3 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ± 0,6 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <b>Безударная вибрация:</b> ±1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ± 1,2 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений); ±2,0 дБ (для вибраций с ярко выраженным преобладанием низкочастотных или высокочастотных составляющих: 0,5–1,25 Гц / 63–125 Гц для общей вибрации и 6,3–8 Гц / 1000–1600 Гц для локальной вибрации).</li> <li>• <b>Ударная вибрация:</b> ±1,0 дБ</li> </ul>
Октава-110В		Вибропреобразователь АР2082М-100 (АР2038-100, АР2038Р-100, АР2098-100, АР98-100, АР2037-100, 1V151НС-100, 1V102НВ-100, 1V102ТВ-100)	10	60–165 (Wd), 60–165 (Wk), 58–165 (Wm), 66–165 (Wh), 65–165 (Fk), 75–165 (Fh)	
Экофизика	Общая / Локальная вибрация-3-DIN	Вибропреобразователь ДН-4-Э	1,1	62–183 (Wd), 60–183 (Wk), 58–183 (Wm), 66–183 (Wh)	
Экофизика-110А					
Экофизика-110В	Общая вибрация ЭФБ-НФ (X, Y, Z)	Вибропреобразователь АР2038Р-10, АР2037-10, 1V151НС-10, 1V102НВ-10, 1V102ТВ-10	1	80–185 (Wd), 80–185 (Wk), 78–185 (Wm), 86–185 (Wh)	
Экофизика-111В					
Экофизика-110В	Локальная вибрация ЭФБ-НФ (K1, K2, K3)	Вибропреобразователь АР2031-3	0,3	86–195 (Wd), 90–195 (Wk), 90–195 (Wh)	
		Вибропреобразователь АР2099-100, 1V101НВ-100, 1V154НС-100	10	54–165 (Wd), 54–165 (Wk), 53–165 (Wm)	
		Вибропреобразователь АР2006-500	50	33–151 (Wd), 33–151 (Wk), 33–151 (Wm)	
Экофизика-110В	Общая / Локальная вибрация-Эко-3	Вибропреобразователь 1V401НС-500	50	36–151 (Wd), 36–151 (Wk), 36–151 (Wm)	

\* 1) Указанные в таблице пределы диапазонов измерений соответствуют максимальным и минимальным уровням вибрации, которые виброметр измеряет в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59701.1-2022 (ГОСТ ИСО 841). Специализированные методики измерений могут позволять производить оценку уровней виброускорения ниже минимального предела благодаря учету собственных шумов или фона, либо посредством перехода от двустороннего к одностороннему интервалу неопределенности.

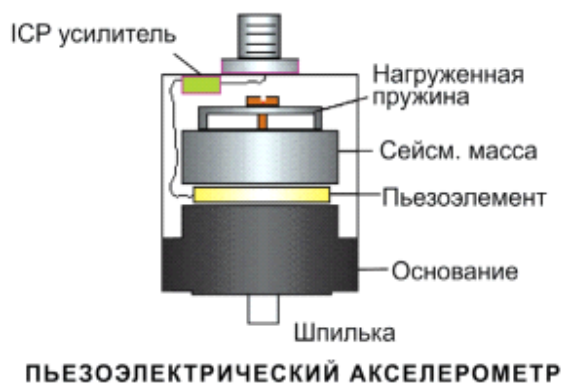
2) Нижний предел диапазона измерений скорректированного ускорения для конкретного датчика может отличаться из-за технологического разброса собственных шумов. В том случае, если собственные шумы акселерометра известны, для измерения уровней вибрации, отличающихся от нижней границы диапазона измерений меньше, чем на 5 дБ, верхнюю границу интервала неопределенности измерений принимают равной уровню собственных шумов акселерометра плюс 2 дБ.

#### 4. Методика однократного прямого измерения уровней ускорения в октавных и третьоктавных полосах частот

Средства измерения указаны в **Таблице В-2**.

1. Выбор первичного преобразователя. Типовая схема подключения вибродатчиков к приборам серий **Октава** и **Экофизика** рассчитана на применение пьезоакселерометров со встроенной электроникой типа **IEPE (ICP)**. Эти датчики не имеют многих недостатков, свойственных классическим пьезоакселерометрам.

Чувствительным элементом пьезоакселерометра является пьезокристалл с присоединенной массой. При вибрации масса по инерции давит на пьезокристалл, поэтому на гранях последнего возникает электрический заряд (явление «пьезоэлектричество»). Величина заряда пропорциональна силе, а следовательно, и ускорению.



Пьезоакселерометры обладают уникальными преимуществами по сравнению с иными типами датчиков вибрации: широчайший динамический диапазон (до 180 дБ!), большой частотный диапазон при малых размерах и весе.

Основной недостаток классического (пассивного) пьезоакселерометра – очень большое электрическое сопротивление. Из-за этого возникает необходимость использовать специальные схемы усиления и согласования сигнала, дорогостоящие антивибрационные кабели. Замена кабеля в такой системе может привести к изменению чувствительности всего измерительного тракта.

Если кабель пассивного пьезоакселерометра дрожит или изгибается, то на выходе мы увидим паразитные сигналы, вызванные трибоэлектричеством (возникновение электрических зарядов вследствие трения). Поэтому кабели таких датчиков положено фиксировать через каждые 15–20 см, что затруднительно при оперативных измерениях.

Датчики, применяемые с приборами серий **Октава** и **Экофизика** (**1V151НС, 1V154НС, 1V101НВ, 1V102НВ, 1V401НС, АР2037, АР98, АР2082, АР2038, ДН-4-Э, АР2099, АР2098, АР2006, и др.**), не имеют описанных недостатков. Они относятся к типу **IEPE (ICP)**. Внутри датчика находится электрическая схема усиления, поэтому их еще называют «датчиками со встроенной электроникой».

Датчики со встроенной электроникой работают успешно, если температура поверхности не очень высокая (обычно до 100°C).

Классические, не-IEPE, или зарядовые, пьезоакселерометры могут быть подсоединены к прибору с помощью усилителя заряда (формирователем сигнала) **A12x-xxx, АР5000-х** или **AQ05**.

Датчики вибрации, применяемые с прибором, могут быть **однокомпонентными** (например, **1V101НВ, 1V102НВ, 1V103ТВ, 1V104НА, 1V401НС, ДН-4-Э, АР2098, АР98, АР2037, АР2099, АР2006**) или **трехкомпонентными** (например, **1V151НС, 1V154НС, АР2038Р, АР2082М и др.**).

Однокомпонентный датчик позволяет измерить только одну компоненту вибрации в направлении оси чувствительности (ось чувствительности такого датчика ортогональна

плоскости основания). Если необходимо измерить все три компоненты вибрации, то нужно последовательно переставлять датчик, ориентируя его во взаимно перпендикулярных направлениях.

Трехкомпонентный датчик содержит три взаимно перпендикулярных чувствительных элемента и одновременно измеряет все три составляющих виброускорения. Направления осей чувствительности вибропреобразователя указаны на маркировке на корпусе датчика. При установке на объект трехкомпонентный датчик нужно ориентировать так, чтобы направления осей чувствительности **X, Y, Z** совпадали с интересующими направлениями вибрации.

**Таблица В-2-ВП.** Полезные замечания по выбору датчика вибрации. Частотные диапазоны измерения ускорения для некоторых наиболее употребительных датчиков

Модель	Минимальная частота (для неравномерности АЧХ $\pm 1$ дБ), Гц	Максимальная рекомендуемая частота ( $f_{рез/5}$ ), Гц*	Резонансная частота, Гц
AP98, AP98-100, AP2098-100	0,5	8000	>40 000
AP2037-10, AP2037-100	0,5	9000	>45 000
1V102HB-100, 1V102HB-10, 1V102TB-100, 1V102TB-10	0,5	10 000	>50 000
1V103TB-100, 1V103TB-10	2	12 000	>60 000
AP2029-100	0,5	12 000	>60 000
1V104HA-100	2	12 000	>60 000
AP2030-10, AP2031-10	2	12 000	>60 000
ДН-4-Э	0,4	5000	>25 000
AP2099-100	0,5	3000	>15 000
1V101HB-100	0,5	4800	>24 000
AP2006-500	0,1	1400	>7000
1V401HS-500	0,1	1800	>9000
AP2031-3	0,5	12000	>60 000
AP2082M-100	0,5	6000	>30 000
1V151HC-100	0,5	9000	>45 000
AP2038P-10, AP2038P-100	0,5	7000	>35 000
1V151HC-10	0,5	9000	>45 000
1V154HC-100	0,5	4000	>20 000

\* Максимальная частота может снижаться при использовании кабелей повышенной длины.

Акселерометры **1V104HA-100, 1V103TB-100, 1V103TB-10** имеют малые размеры и массу, в связи с чем они оптимальны для измерений вибрации легких объектов массой от нескольких десятков граммов и/или измерений вибрации в звуковом диапазоне частот.

2. Подсоединить вибропреобразователь к индикаторному блоку в соответствии со схемами подключения в руководстве по эксплуатации.
3. Перед проведением измерений рекомендуется проверить калибровку виброметра с помощью портативного виброкалибратора или вибрационного стенда в соответствии с руководством по эксплуатации. Рекомендуется использовать портативные устройства, допускающие установку трехкомпонентных вибропреобразователей без дополнительных переходных элементов и не накладывающие строгих ограничений на ориентацию оси возбуждения вибрации.

Рекомендуемые модели портативных виброкалибраторов: КВ-160, АТ01, АТ01m, 394С06. **Вибрационный калибратор ВК 16/160 не разрешается применять для выполнения калибровки или проверки калибровки вибрационных трактов приборов, указанных выше.**

При подаче калибровочного сигнала показания виброметра в октавной (третьоктавной) полосе, соответствующей частоте калибратора, должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах:  $\pm 0,4$  дБ.

**Примечание:** уровень калибровочного сигнала  $10 \text{ м/с}^2$  соответствует  $140 \text{ дБ}$  отн.  $1 \text{ мкм/с}^2$ .

Проверку калибровки можно выполнить заранее (в пределах 24 часов до запуска измерений), если измерения будут выполняться с тем же вибропреобразователем.

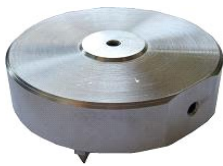

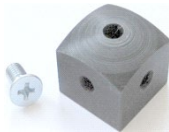
Проверку калибровки проводят в обязательном порядке сразу после каждой замены вибропреобразователя и (или) кабеля вибропреобразователя.

Если проверка калибровки не проводится, следует провести опробование виброметра:

- проверить отсутствие механических повреждений кабеля, вибропреобразователя и прибора;
- проверить соответствие внутренних настроек прибора паспортным данным и результатам последней поверки;
- убедиться, что виброметр реагирует на вибрацию, а при отсутствии вибрации (в состоянии покоя) обеспечивает показания, близкие к типичным для данной лаборатории фоновым уровням.

4. Установить вибропреобразователь на вибрирующую поверхность.

**Таблица В-2-АДП. Рекомендуемые способы установки**

	003ОП 004ОП	Платформа напольная для измерений вибрации на полу <sup>2</sup> (применяется для измерений общей вибрации). Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки
	002ОТ	Платформа-диск для измерений вибрации 3-компонентным датчиком на жестком и плоском сиденье. Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки
	001ОТ	Кубик для установки однокомпонентного датчика с различной ориентацией на платформу 002ОТ (см. выше)

<sup>2</sup> Для этой же цели можно использовать металлический лист 50x50 мм, к которому датчик крепится с помощью резьбовой шпильки (оптимальный вариант) либо магнита или мастики – см. ГОСТ 31191.2.

	003РД	Полужесткий диск для установки 3-компонентного датчика 1V151НС, AP2082М или AP2038Р. Применяется для измерений вибрации на любых сиденьях
	002КР	Адаптер кисти руки (одно положение установки 3-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента
	022КР	Адаптер рукоятки для измерений. Зажимается между ладонью и рукояткой вибрирующего инструмента
	022КБ	Адаптер для установки вибродатчика на трубчатую поверхность (рукоятки, рулевое управление и пр.)
	AM-01-ОКТ	Магнит для крепления датчика к металлическим магнитным поверхностям. Датчик крепится к магниту с помощью шпильки
	AW-01	Восковая мастика для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц
	MM-01-ОКТ	Площадка для клеевого крепления к поверхности. Датчик крепится к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348
	МП-03-ОКТ	Многопозиционная площадка для клеевого крепления к поверхности. Датчики крепятся к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348

Основание датчика должно плотно прилегать к вибрирующей поверхности. При креплении на шпильке следует убедиться, что между основанием датчика и вибрирующей поверхностью отсутствуют зазоры. Не допускается крепление датчика к неплоским поверхностям, а также к поверхностям, содержащим заусенцы и грязь и т. п.

При измерении высокочастотных вибраций (выше 3–5 кГц) следует использовать только резьбовое крепление на шпильках или винтах, либо клеевое крепление с использованием твердых (каталитических или термореактивных) клеев (последнее сокращает срок службы датчика).

Крепление на магните может использоваться только для измерений не выше 3–5 кГц.

При установке нескольких ВП на общую проводящую поверхность могут возникать электрические помехи, которые особенно сильно проявляются на частоте 50 Гц.

Для устранения или уменьшения влияния электрической помехи следует:

- крепить ВП посредством изолирующей шпильки (не входит в типовой комплект, запрашивается дополнительно у изготовителя);
- проводить измерения одним датчиком последовательно;
- использовать ВП с изолированным основанием.

*Примечание.* Если при отсутствии вибрационного сигнала на основании акселерометра уровень виброускорения в третьоктаве 50 Гц отличается в большую сторону от уровней виброускорения в третьоктавах 40 Гц и 63 Гц в пределах  $\pm 6$  дБ, то можно считать, что электрическая помеха отсутствует.

Ориентировать трехкомпонентный акселерометр необходимо согласно маркировке на корпусе датчика виброускорения.

5. После включения виброметра выждать не менее 40–60 секунд, прежде чем начинать измерения.
6. Измерение запускается клавишей **СТАРТ**. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя (при наличии).
7. Показания текущих среднеквадратичных уровней ускорения считываются на индикаторе виброметра рядом с метками **СКЗ-1с**, **СКЗ-5с**, **СКЗ-10с**.
8. Максимальные текущие среднеквадратичные уровни ускорения считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Max**.
9. Эквивалентный уровень ускорения считывается на индикаторе виброметра рядом с меткой **Leq**. В последней строке индикаторного экрана считывают продолжительность измерения (усреднения по времени) эквивалентного уровня.
10. Величина уровня ускорения  $L_{изм}(f)$  в полосе частот с центральной частотой  $f$  рассчитывается по формуле:

$$L_{изм}(f) = L_{инд}(f) + \Delta L_{ВП}(f)$$

Здесь  $L_{инд}(f)$  – значение уровня ускорения, снятое с индикатора прибора (см. пп.7–9),  $\Delta L_{ВП}(f)$  – поправка, характеризующее неравномерность АЧХ акселерометра для частоты  $f$ . Поправки на вибропреобразователь определяются эксплуатационной документацией средств измерений.

Если поправки на АЧХ вибропреобразователя не учитываются при расчете уровня ускорения, то в оценке погрешности измерений следует учитывать дополнительные погрешности (п. 11) по типовым неравномерностям АЧХ для используемого типа датчика. Значения дополнительных погрешностей в этом случае выбираются равными предельно допустимым отклонениям неравномерности АЧХ в рассматриваемом диапазоне частот в соответствии с документацией на виброметр.

11. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

$$\Delta L = 20 \times \lg \left( 1 + \sqrt{\left(10^{\Delta_1/20} - 1\right)^2 + \sum \left(10^{\Delta_k/20} - 1\right)^2} \right),$$



где  $\Delta_1$  – модуль погрешности измерения в соответствии с **Таблицей В-2**,  $\Delta_k$  –  $k$ -я дополнительная погрешность в децибелах (например, неравномерность АЧХ в диапазоне измерений).

12. Диапазоны и погрешности измерения скорректированных ускорений приведены в **Таблице В-2**.

**Таблица В-2.** Виды комплектации приборов для работы в режиме виброметра-анализатора спектра

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувствительность $S_{ном}, мВ/мс^{-2}$	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. 1 мкм/с <sup>2</sup> *	Погрешность измерения, не более, дБ
Октава-110А  Октава-110А-ЭКО  Экофизика-110А	Общая / Локальная вибрация-1	ИИБ (измерительно-индикаторный блок) Адаптер 110А-IEPE (не требуется для работы с каналом А)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Синусоидальный сигнал</b> ±0,3 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ±1,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <b>Широкополосная безударная вибрация:</b> ±1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ±1,2 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <b>Ударная вибрация:</b> ±1,0 дБ</li> </ul>
	Анализ-1-LF, MF, EF	ВП AP2037-100, AP2098, AP98, AP2082M-100, AP2038-100, AP2038P-100, 1V151HC-100, 1V102HB-100, 1V102TB-100	10	52–174 (0,8..1 Гц), 54–174 (1,25..12,5 Гц), 56–174 (16..1250 Гц)	
	Анализ-4-LF, MF, EF (канал МІС)	ВП AP2038P-10, AP2037-10, 1V151HC-10, 1V102HB-10, 1V102TB-10	1	72–194 (0,8..1 Гц), 74–194 (1,25..12,5 Гц), 76–194 (16..1250 Гц)	
	Общая / Локальная вибрация ЭФБ-110А	ВП ДН-4-Э	1,1	65–192 (0,8..1 Гц), 61–192 (1,25..12,5 Гц), 53–192 (16..800 Гц), 55–192 (1..1,25 кГц)	
	1/3-октавный анализатор МІС	ВП AP2031-3	0,3	86–204 (0,8..1250 Гц)	
	Общая / Локальная вибрация ЭФБ-НF (канал А)	ВП AP2029-100	10	55–174 (в октавных полосах 31,5–1000 Гц), 63–174 (в октавных полосах 2–8 кГц)	
	1/3-октавный анализатор МХУZ (канал МІС)	ВП 1V104НА-100	10	66–174 (в октавных полосах 8–250 Гц), 69–174 (в октавных полосах 500–8000 Гц)	
		ВП 1V103TB-10	1	63–194 (в октавных полосах 8–500 Гц), 68–194 (в октавных полосах 1-2 кГц), 73–194 (в октавных полосах 4–8 кГц)	
		ВП AP2030-10, AP2031-10	1	75–194 (в октавных полосах 16–1000 Гц), 79–194 (в октавных полосах 2–8 кГц)	
		ВП AP2099-100, 1V101HB-100, 1V154HC-100	10	42–174 (0,8..1 Гц), 42–174 (1,25..12,5 Гц), 36–174 (16..800 Гц), 37–174 (0,8-1,25 кГц)	
	ВП AP2006-500, 1V401HS-500	50	30–161 (0,8..1250 Гц)		

	Общая / Локальная вибрация-3	ИИБ (измерительно- индикаторный блок)		Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Синусоидальный сигнал</b> ±0,3 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ±1,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <b>Широкополосная безударная вибрация:</b> ±1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ±1,2 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений)</li> <li>• <b>Ударная вибрация:</b> ±1,0 дБ</li> </ul>	
Октава-101ВМ	Общая / Локальная вибрация-3-DIN	ВП АР2037-100, АР2098, АР98, АР2082М-100, АР2038-100, АР2038Р-100, 1V151НС-100, 1V102НВ-100, 1V102ТВ-100	10	60–164 (0,8..1250 Гц)		
Октава-110В		ВП АР2038Р-10, АР2037-10, 1V151НС-10, 1V102НВ-10, 1V102ТВ-10	1	80–184 (0,8..1250 Гц)		
Экофизика	Анализ-4 (3)-LF, MF, EF (каналы X, Y, Z или K1, K2, K3)	ВП АР2031-3	0,3	90–194 (0,8..1250 Гц)		
Экофизика -110А	1/3-октавный анализатор МХУZ (каналы X, Y, Z)	ВП ДН-4-Э	1,1	65–182 (1 Гц), 61–182 (2 Гц), 53–182 (16 Гц), 55–182 (1 кГц)		
Экофизика -110В		Общая / Локальная вибрация ЭФБ-110В	ВП АР2029-100	10		55–164 (в октавных полосах 31,5–1000 Гц), 63–164 (в октавных полосах 2–8 кГц)
Экофизика -111В	1/3-октавный анализатор ХУZ	ВП 1V104 НА-100	10	66–164 (в октавных полосах 8–250 Гц), 69–164 (в октавных полосах 500–8000 Гц)		
		Общая / Локальная вибра- ция-Эко-3	ВП 1V103ТВ-10	1		63–184 (в октавных полосах 8–500 Гц), 68–184 (в октавных полосах 1–2 кГц), 73–184 (в октавных полосах 4–8 кГц)
			ВП АР2030-10, АР2031-10	1		75–184 (в октавных полосах 16–1000 Гц), 79–184 (в октавных полосах 2–8 кГц)
			ВП АР2099-100, 1V101НВ-100	10		42–164 (0,8..12,5 Гц), 41–164 (16..800 Гц), 50–164 (0,8..1,25 кГц)
			ВП АР2006-500, 1V401НС-500	50		30–151 (0,8..1250 Гц)

\* Специализированные методики измерений могут позволять производить оценку уровней виброускорения ниже указанного минимального предела благодаря учету собственных шумов или фона, либо посредством перехода от двустороннего к одностороннему интервалу неопределенности.

**5. Методика однократного прямого измерения уровня звукового давления в октавных (третьоктавных) полосах частот в диапазоне 31,5–16 000 Гц (25–20 000 Гц)**

Средства измерения указаны в **Таблице УЗ-2**.

1. Подсоединить измерительный микрофон к индикаторному блоку в соответствии со схемами подключения в руководстве по эксплуатации.

При оперативных измерениях микрофонный предусилитель допустимо подключать непосредственно к входному разъему индикаторного блока **ИИБ Октава-110А, Октава-101АМ, Октава-110А-ЭКО, Октава-111, ИМ 110А** для прибора **Экофизика-110А**. В тех случаях, когда присутствие оператора в измерительной точке может привести к искажению результатов или затруднено по иным причинам, микрофонный предусилитель устанавливается в нужном месте с помощью штатива, например **TRP001R**, и подсоединяется к индикаторному блоку с помощью удлинительного кабеля.

При измерениях на открытом воздухе целесообразно использовать ветрозащиту **W2** или **W3**. Однако, если скорость ветра (скорости движения воздуха) превышает 3÷4 м/с, результаты измерения будут искажены. Пределы дополнительной погрешности измерения уровня звукового давления при использовании ветрозащиты указаны в таблицах ниже:

**Таблица УЗД-W-1/1**

Октавная полоса частот	31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц
Дополнительная погрешность измерения УЗД	±0,1 дБ	±0,1 дБ	±0,1 дБ	±0,1 дБ	±0,3 дБ	±0,5 дБ	±0,7 дБ	±0,2 дБ	±0,9 дБ

**Таблица УЗД-W-1/3**

1/3-октавная полоса частот	50 Гц	63 Гц	80 Гц	100 Гц	125 Гц	250 Гц	315 Гц	400 Гц
Дополнительная погрешность измерения УЗД	±0,2 дБ	±0,2 дБ	±0,2 дБ	±0,2 дБ	±0,2 дБ	±0,2 дБ	±0,2 дБ	±0,2 дБ
1/3-октавная полоса частот	500 Гц	630 Гц	800 Гц	1000 Гц	1250 Гц	1600 Гц	2000 Гц	2500 Гц
Дополнительная погрешность измерения УЗД	±0,2 дБ	±0,6 дБ	±0,6 дБ	±0,5 дБ	±0,5 дБ	±0,5 дБ	±0,5 дБ	±0,9 дБ
1/3-октавная полоса частот	3150 Гц	4000 Гц	5000 Гц	6300 Гц	8000 Гц	10 000 Гц		
Дополнительная погрешность измерения УЗД	±0,5 дБ	±0,2 дБ	±0,6 дБ	±0,9 дБ	±0,9 дБ	±0,9 дБ		

2. При измерениях звукового давления важно помнить, что микрофон должен находиться в термодинамическом равновесии с окружающей средой. Поэтому при перенесении микрофона из теплой среды в холодную и наоборот необходимо выждать не менее 30 минут.
3. Перед проведением измерений следует проверить калибровку измерительного тракта с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации. При подаче калибровочного сигнала показания фильтра,

соответствующего частоте калибровки, должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах  $\pm 0,3$  дБ.

Для выполнения проверки калибровки применяют акустические калибраторы АК-1000, CAL200, Тип 4231 или иные калибраторы, рекомендуемые производителем анализатора спектра.

*Акустический калибратор Защита-К не разрешается применять для выполнения или проверки калибровки акустических трактов приборов, указанных выше.*

4. Приборы серий **Октава** и **Экофизика** в комплекте с микрофонными капсулями **ВМК-205, МК-265, МК-233, ВМК-201 (М-201)** и их аналогами измеряют уровень звука и звукового давления, которые были бы в измерительной точке свободного звукового поля в отсутствии микрофона. Микрофон **ВМК-206** и его аналоги используются в тех случаях, где стандарт на испытания предписывает применение микрофона давления или микрофона диффузного поля. Главная ось микрофона перпендикулярна мембране микрофонного капсуля и направлена по оси предусилителя. При измерениях в свободном поле главная ось микрофона должна быть направлена на источник звука.
5. При измерении шума в ручном режиме оператор должен находиться на расстоянии не менее чем 50 см от микрофона так, чтобы отражения от его тела не сказывались на результатах.
6. После включения индикаторного блока и напряжения поляризации необходимо выждать не менее 60 секунд, прежде чем начинать измерения.
7. Измерение запускается клавишей **СТАРТ**. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя (при наличии).
8. Текущие показания уровней звукового давления с временными коррекциями **F**, **S** считываются на индикаторе ИБ рядом с метками **Fast**, **Slow**.
9. Максимальные уровни звукового давления с временными коррекциями **F**, **S** считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Max**.
10. Средний по времени (эквивалентный) уровень звукового давления считывается на индикаторе ИБ рядом с меткой **Leq**. В последней строке индикаторного экрана считывают продолжительность измерения (усреднения по времени) эквивалентного уровня и уровня звуковой экспозиции.
11. Величина УЗД  $L_{изм}(f)$  в полосе частот с центральной частотой  $f$  рассчитывается по формуле:

$$L_{изм}(f) = L_{инд}(f) + \Delta L_{микроф}(f) + \Delta L_{дон}(f)$$

Здесь  $L_{инд}(f)$  – значение УЗД, снятое с индикатора прибора (см. пп.8–10),  $\Delta L_{микроф}(f)$  – микрофонная поправка для частоты  $f$ ,  $\Delta L_{дон}(f)$  – поправка на дополнительные приспособления (ветрозащита, кабель и т. п.). Поправки на микрофон и дополнительные принадлежности определяются эксплуатационной документацией конкретных средств измерений. Поправка  $\Delta L_{дон}(f)$  при использовании микрофонных кабелей ЕХСxxxR и ветрозащит W2 и W3 принимается равной 0,0 дБ.

Если поправки на конкретные микрофон и дополнительные принадлежности не учитываются при расчете УЗД, то в оценке погрешности измерений следует учитывать дополнительные погрешности (п. 12) по типовым значениям неравномерности АЧХ для используемого типа микрофонов и дополнительных принадлежностей. Значения

дополнительных погрешностей в этом случае выбираются равными максимальной неравномерности АЧХ в рассматриваемом диапазоне частот.

12. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

$$\Delta L = 20 \times \lg \left( 1 + \sqrt{\left(10^{\Delta_1/20} - 1\right)^2 + \sum \left(10^{\Delta_k/20} - 1\right)^2} \right),$$

где  $\Delta_1$  – модуль погрешности измерения звука в соответствии с **Таблицей УЗ-2**,  $\Delta_k$  –  $k$ -я дополнительная погрешность в децибелах. Источником дополнительных погрешностей  $\Delta_k$  могут быть также дополнительные принадлежности или влияние внешних факторов – температуры, давления, влажности. В частности:

**Таблица УЗ-ДП-2**

Воздействующий фактор	Пределы дополнительной погрешности
Применение ветрозащиты W2 или W3	См. таблицы УЗД-W-1/1 и УЗД-W-1/3
Применение микрофонных удлинительных кабелей ЕХСХХR более 15м	±0,1 дБ
Проведение измерений при относительной влажности воздуха <ul style="list-style-type: none"> <li>• в диапазоне 40...60 % ОВ</li> <li>• в диапазоне 30...40 % ОВ или 60...70 % ОВ</li> <li>• в диапазоне 10...30 % ОВ или 70...90 % ОВ</li> </ul>	±0,05 дБ ±0,1 дБ ±0,2 дБ
Проведение измерений при температуре воздуха <ul style="list-style-type: none"> <li>• в диапазоне +15...+30°С</li> <li>• в диапазоне +5...+15°С или +30 ... +40°С</li> <li>• в диапазоне -10...+5°С или +40 ... +50°С</li> </ul>	±0,15 дБ ±0,3 дБ ±0,7 дБ

**Примечание.** При отсутствии сведений о неравномерности АЧХ поправка  $\Delta L_{\text{микроф}}(f)$  принимается равной 0,0 дБ, а соответствующая дополнительная погрешность в дБ принимается равной максимально допустимой неравномерности АЧХ согласно эксплуатационной документации на применяемый микрофонный капсюль.

В том случае, если эксплуатационная документация содержит калибровочные настройки для какого-либо из приведенных выше или иного воздействующего фактора, при проведении измерений с использованием данной калибровочной настройки соответствующая дополнительная погрешность принимается равной нулю.

13. Проверку калибровки измерительного тракта следует выполнять до и после измерений в соответствии с руководством по эксплуатации.
14. Проверка калибровки анализатора спектра непосредственно в контрольной точке выполняется в тех случаях, если возникают сомнения в исправности анализатора спектра. В остальных случаях проверку калибровки допускается выполнять в иных местах, где соблюдаются условия эксплуатации анализатора спектра и калибратора, при этом интервал времени между проверкой калибровки и выполнением измерения не должен быть больше 16 ч. При замене микрофонного капсюля в контрольной точке проверка калибровки сразу после операции замены является обязательной.

**Таблица УЗ-2. Виды комплектации приборов для работы в режиме анализатора спектра звукового давления в диапазоне частот 25–20 000 Гц**

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувствительность $S_{ном}$ , мВ/Па	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ *	Погрешность измерения, не более, дБ		
Октава-110А-ЭКО  Октава-110А	ЭкоЗвук-110А	ИИБ Октава-110А-ЭКО / 110А Предусилитель Р200/Р200(К) Кабель ЕХС00ХR (опция)		50	Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Для непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся):</i> <math>L_{min}+5дБ \leq L_p \leq L_{max}-5дБ</math>: <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{max}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{min}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>• <i>В полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД:</i> <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>	
		Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZТ-333)	13–139 (в октавах), 11–139 (в 1/3-октавах)				
	М-201, МК-233	14	24–150 (в октавах), 22–150 (в 1/3-октавах)				
	ВМК-201	12,5					
Октава-101АМ	Звук	ИИБ Октава-101АМ Предусилитель КММ400 Кабель ЕХС00ХR (опция)		50	Диапазон измерения делится на четыре поддиапазона		
		Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZТ-333)	14–145 (в октавах), 12–145 (в 1/3-октавах)				
		М-201, МК-233	14				25–156 (в октавах), 23–156 (в 1/3-октавах)
		ВМК-201	12,5				
Экофизика-110А  Экофизика	ЭкоЗвук	ИБ Экофизика-D с ИМ 110А или HF Предусилитель Р200/Р200(К) Кабель ЕХС00ХR (опция)		50	Диапазон измерения делится на три поддиапазона		
	Ультразвук-40к	Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZТ-333)	13–139 (в октавах), 11–139 (в 1/3-октавах)				
	Анализ-1-HF	Микрофон М-201, МК-233	14			24–150 (в октавах), 22–150 (в 1/3-октавах)	
		ВМК-206	12,5			25–151 (в октавах), 23–151 (в 1/3-октавах)	
	Анализ-4-HF (канал МIС)	Микрофон МС-204	3			37–163 (в октавах), 35–163 (в 1/3-октавах)	
		Микрофон МК301, МК401, 4135	5			33–159 (в октавах), 31–159 (в 1/3-октавах)	
	ЭкоЗвук-ЭФБ-110А	Микрофон МК/ВМК-401, ВМК-402А, 4136	1,5			42–168 (в октавах), 40–168 (в 1/3-октавах)	
		Микрофон МС-402А	0,4			55–176 (в октавах), 54–176 (в 1/3-октавах)	
Ультразвук 40кГц			5	33–159 (в октавах), 31–159 (в 1/3-октавах)			
1/3-октавный анализатор МIС			1,5	42–168 (в октавах), 40–168 (в 1/3-октавах)			
ОКТАВА-111			50	12–140 (в октавах), 8–140 (в 1/3-октавах)	$\pm 0,7$ дБ (при уровне сигнала не менее чем в $-40$ дБ от верхнего предела измерений); $\pm 0,9$ дБ (при уровне сигнала ниже $-40$ дБ от верхнего предела, но выше $+10$ дБ от нижнего); $\pm 1,0$ дБ (при уровне сигнала ниже $+10$ дБ от нижнего предела)		
						14	
							12,5

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувствительность S <sub>ном</sub> , мВ/Па	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ *	Погрешность измерения, не более, дБ
Экофизика-110А	1/3-октавный анализатор МХУЗ	ИБ Экофизика-D с ИМ HF-Белая Предусилитель Р200/Р200(К) Предусилитель Р410/Р410(К) (входы X, Y, Z) ОКТАФОН/ОКТАФОН-М с ЭКВ-110-3		** Диапазон измерения делится на три поддиапазона. *** Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{min}+5дБ \leq L_p \leq L_{max}-5дБ</math>: <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{max}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{min}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>• В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>
		Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221), МР201, ЗТ-333	50	11–139 ** (вход МІС), 25–125 *** (входы X, Y, Z)	
		Микрофон М-201, МК-233	14	22–150 ** (вход МІС), 36–136 *** (входы X, Y, Z)	
		Микрофон ВМК-201	12,5		
		Микрофон ВМК-206	12,5	23–151** (вход МІС) 37–137 *** (входы X, Y, Z)	
		Микрофон МС-204	3	36–163 ** (вход МІС), 51–151 *** (входы X, Y, Z)	
		Микрофон МК301, МК401, 4135	5	31–159 ** (вход МІС), 47–147 *** (входы X, Y, Z)	
		Микрофон МК/ВМК-401, ВМК-402А, 4136	1,5	40–168 ** (вход МІС), 56–156 *** (входы X, Y, Z)	
		Микрофон МС-402А	0,4	54–176 ** (вход МІС), 67–166 *** (входы X, Y, Z)	
Экофизика-110В (Белая)	1/3-октавный анализатор ХУЗ	ИИБ Экофизика-110В (Белая) Предусилитель Р200/Р200(К) (через ОКТАФОН) Предусилитель Р410/Р410(К) (входы 1, 2, 3) – только с МР201, ЗТ-333 ОКТАФОН/ОКТАФОН-М с ЭКВ-110-3		Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов)	
Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221), МР201, ЗТ-333		50	25–125		
М-201, МК-233		14	36–136		
ВМК-201		12,5	36–136		
ВМК-206		12,5	37–137		
Микрофон МС-204		3	51–151		
Микрофон МК301, МК401, 4135		5	47–147		
Микрофон МК/ВМК-401, ВМК-402А, 4136		1,5	56–156		
Микрофон МС-402А		0,4	67–166		

\* Если калибровочная поправка для конкретного микрофона отличается от 0,0 дБ, диапазоны измерения смещаются на величину +К, где К – значение установленной калибровочной поправки, дБ. Нижние пределы измерений для отдельных частотных полос могут быть меньше указанных в таблице; значения нижних пределов могут быть оценены как уровень собственных шумов в соответствующей полосе для диапазона шкалы Д3 плюс 7 дБ.

## **6. Методика однократного прямого измерения уровня звукового давления в октавных (третьоктавных) полосах частот в диапазоне 2–16 Гц (1,6–20 Гц) и в полосе частот фильтра F1**

Средства измерения указаны в **Таблице УЗ-3**. Для измерений уровней звукового давления с использованием полосового фильтра **F1** следует использовать микрофоны, у которых калибровочные поправки находятся в пределах:  $\pm 0,2$  дБ (для частоты 16 Гц),  $\pm 0,3$  дБ (для частоты 8 Гц),  $\pm 0,5$  дБ (для частоты 4 Гц),  $\pm 1,0$  дБ для частоты 2 Гц.

1. Подсоединить измерительный микрофон к индикаторному блоку в соответствии со схемами подключения в руководстве по эксплуатации.

При измерениях исключительно инфразвука микрофонный предусилитель можно подключать непосредственно к входному разъему индикаторного блока.

При измерении инфразвука следует добиваться неподвижности микрофонного капсуля. Рекомендуется устанавливать микрофонный предусилитель в нужном месте с помощью штатива, например **TRP001R**.

При скорости ветра (скорости движения воздуха) выше 1 м/с измерения инфразвука сильно искажаются и измерения недопустимы.

2. При измерениях звукового давления важно помнить, что микрофон должен находиться в термодинамическом равновесии с окружающей средой. Поэтому при перенесении микрофона из теплой среды в холодную и наоборот необходимо выждать не менее 30 минут.
3. До и после измерений следует проверять чувствительность измерительного тракта с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации. При подаче калибровочного сигнала показания фильтра, соответствующего частоте калибровки, должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах  $\pm 0,3$  дБ.

Требования к проверке калибровки аналогичны требованиям разделов 2 и 5.

4. При измерении шума в ручном режиме оператор должен находиться на расстоянии не менее чем 50 см от микрофона.
5. После включения индикаторного блока и напряжения поляризации необходимо выждать не менее 60 секунд, прежде чем начинать измерения.
6. Измерение запускается клавишей **СТАРТ**. Для исключения влияния переходных процессов в низкочастотных фильтрах через 40–50 секунд после старта следует нажать клавишу **СБРОС**, не останавливая измерения. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя (при наличии).
7. Текущие показания уровней звукового давления с временными коррекциями **F**, **S** считываются на индикаторе ИБ рядом с метками **Fast**, **Slow**. Для измерений уровней звукового давления в инфразвуковой области частот использование временной характеристики **F** не рекомендуется.
8. Максимальные уровни звукового давления с временными коррекциями **F**, **S** считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Max**.
9. Средний по времени (эквивалентный) уровень звукового давления считывается на индикаторе ИБ рядом с меткой **Leq**. Продолжительность усреднения уровней звукового давления в октавных полосах частот 2–4 Гц должна быть не менее 3 минут, а в октавных полосах частот 8–16 Гц – не менее 1 минуты.



Продолжительность усреднения уровней звукового давления в полосе фильтра **FI** – не менее 3 мин.

10. Величина УЗД  $L_{изм}(f)$  в октавной (третьоктавной) полосе частот с центральной частотой  $f$  рассчитывается по формуле:

$$L_{изм}(f) = L_{инд}(f) + \Delta L_{микр}(f) + \Delta L_{дон}(f)$$

Здесь  $L_{инд}(f)$  – значение УЗД, снятое с индикатора прибора (см. пп.8–10),  $\Delta L_{микр}(f)$  – микрофонная поправка для частоты  $f$ ,  $\Delta L_{дон}(f)$  – поправка на дополнительные приспособления (ветрозащита, кабель и т.п.). Поправки на микрофон и дополнительные принадлежности определяются эксплуатационной документацией конкретных средств измерений. Поправка  $\Delta L_{дон}(f)$  при использовании микрофонных кабелей EXCxxxR и ветрозащит W2 и W3 принимается равной 0,0 дБ.

Если поправки на конкретные микрофон и дополнительные принадлежности не учитываются при расчете УЗД, то в оценке погрешности измерений следует учитывать дополнительные погрешности (п. 11) по типовым значениям неравномерности АЧХ для используемого типа микрофонов и дополнительных принадлежностей, если таковые известны из эксплуатационной документации. Значения дополнительных погрешностей в этом случае выбираются равными максимальной неравномерности АЧХ в рассматриваемом диапазоне частот.

Величина УЗД в полосе фильтра **FI** принимается равной показанию УЗД фильтра **FI**, снятому с индикатора прибора.

11. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

$$\Delta L = 20 \times \lg \left( 1 + \sqrt{\left(10^{\Delta_1/20} - 1\right)^2 + \sum \left(10^{\Delta_k/20} - 1\right)^2} \right)$$

где  $\Delta_1$  – модуль погрешности измерения звука в соответствии с **Таблицей УЗ-3**,  $\Delta_k$  –  $k$ -я дополнительная погрешность в децибелах.

Источником дополнительных погрешностей  $\Delta_k$  могут быть также дополнительные принадлежности или влияние внешних факторов – температуры, давления, влажности. В частности:

**Таблица УЗ-ДП-3**

Воздействующий фактор	Пределы дополнительной погрешности
Применение микрофонных удлинительных кабелей EXCXXR более 15м	±0,1 дБ
Проведение измерений при относительной влажности воздуха	
• в диапазоне 40...60 % ОВ	±0,05 дБ
• в диапазоне 30...40 % ОВ или 60...70 % ОВ	±0,1 дБ
• в диапазоне 10...30 % ОВ или 70...90 % ОВ	±0,2 дБ
Проведение измерений при температуре воздуха	
• в диапазоне +15...+30°С	±0,15 дБ
• в диапазоне +5... +15°С или +30...+40°С	±0,3 дБ
• в диапазоне –10...+5°С или +40...+50°С	±0,7 дБ

В том случае, если эксплуатационная документация содержит калибровочные настройки для какого-либо из приведенных выше или иного воздействующего фактора, при проведении измерений с использованием данной калибровочной настройки соответствующая дополнительная погрешность принимается равной нулю.

12. Диапазоны и погрешности измерения уровней звукового давления инфразвука приведены в **Таблице УЗ-3**.

**Таблица УЗ-3. Виды комплектации приборов для работы в режиме анализатора спектра звукового давления в диапазоне частот, охватываемом октавами 2–16 Гц**

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувствительность $S_{ном}$ , мВ/Па	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ*	Погрешность измерения, не более, дБ
Октава-110А-ЭКО Октава-110А	ЭкоЗвук-110А	ИИБ Октава-110А-ЭКО или Октава-110А Предусилитель Р200/Р200(К) Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{min}+5дБ \leq L_p \leq L_{max}-5дБ</math>; <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{max}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{min}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>• В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>
		Микрофон ВМК-205 (МК-265)	50	25–139 (F1), 20–139 (в октавах и 1/3-октавах)	
	Микрофон М-201, МК-233	14	35–150 (F1), 30–150 (в октавах и 1/3-октавах)		
	ВМК-201	12,5			
Октава-101АМ	Инфразвук	ИИБ ОКТАВА-101АМ Предусилитель КММ400 Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на четыре поддиапазона	
		Микрофон ВМК-205 (МК-265)	50	25–145 (F1), 20–145 (в октавах и 1/3-октавах)	
		Микрофон М-201, МК-233	14	35–156 (F1), 30–156 (в октавах и 1/3-октавах)	
		ВМК-201	12,5		
Экофизика-110А Экофизика	ЭкоЗвук Анализ-1-LF ЭкоЗвук-ЭФБ-110А 1/3-октавный анализатор МІС****	ИИБ Экофизика-110А ИИБ Экофизика-110А (Белая) Предусилитель Р200/Р200(К) Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	
		Микрофон ВМК-205 (МК-265)	50	25–139 (F1), 20–139 (в октавах и 1/3-октавах)	
		Микрофон М-201, МК-233	14	35–150 (F1), 30–150 (в октавах и 1/3-октавах)	
		ВМК-201	12,5		

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувствительность, $S_{ном}$ , мВ/Па	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ *	Погрешность измерения, не более, дБ
Экофизика-110А	Анализ-4-LF  1/3-октавный анализатор MXYZ****	ИИБ Экофизика-110А-НФ, Предусилитель Р200/Р200(К) (вход МІС, ОКТАФОН-М) Микрофонный блок питания Октафон/ОКТАФОН-М с адаптером прямого входа ЭКВ-110		** Диапазон измерения делится на три поддиапазона  *** Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{min}+5дБ \leq L_p \leq L_{max}-5дБ</math>: <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{max}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{min}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>• В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>
		Микрофон ВМК-205 (МК-265, МР201, ZT-333 при наличии протокола исп.)	50	В октавах и 1/3-октавах: 20–139** (вход МІС), 30–125*** (входы X, Y, Z)	
		Микрофон М-201, МК-233	14	В октавах и 1/3-октавах: 30–150** (вход МІС), 40–136*** (входы X, Y, Z)	
		ВМК-201	12,5		
Экофизика-110В (Белая)  Экофизика-111В	Анализ-3-EF  Анализ-3-LF  1/3-октавный анализатор XYZ****	ИИБ Экофизика-110В, -110В-Белая Предусилитель Р200/Р200(К) (через ОКТАФОН-М) Микрофонный блок питания Октафон/ОКТАФОН-М с адаптером прямого входа ЭКВ-110		Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов)	
		Микрофон ВМК-205 (МК-265)	50	В октавах и 1/3-октавах: 30–125	
		Микрофон М-201, МК-233	14	В октавах и 1/3-октавах: 40–136	
		ВМК-201	12,5		

\* Если калибровочная поправка для конкретного микрофона отличается от 0,0 дБ, диапазоны измерения смещаются на величину +К, где К – значение установленной калибровочной поправки, дБ.

\*\*\*\* Режим измерения обеспечивает измерения только октавных и третьоктавных уровней звукового давления без возможности измерения общего уровня УЗД инфразвука в фильтре F1.

## 7. Методика однократного прямого измерения уровня звукового давления в третьоктавных полосах частот в диапазоне 12 500–100 000 Гц

Средства измерения указаны в **Таблице УЗ-4**.

1. Подсоединить измерительный микрофон к индикаторному блоку в соответствии со схемами подключения в руководстве по эксплуатации. При измерениях ультразвука недопустимо подключать микрофонный предусилитель непосредственно к входному разъему индикаторного блока для **ИИБ Экофизика-110А** с **ИМ НФ**. Рекомендуется устанавливать микрофонный предусилитель в контрольной точке с помощью штатива, например **TRP001R**, и подсоединять к индикаторному блоку с помощью удлинительного кабеля.

**Внимание.** При использовании микрофонов **МК-301, МК-401, ВМК-401, ВМК-402А, 4135, 4136** для измерений ультразвука на частотах свыше 40 кГц следует снимать защитную сетку. Будьте крайне осторожны, не повредите мембрану микрофона!

2. При измерениях звукового давления важно помнить, что микрофон должен находиться в термодинамическом равновесии с окружающей средой. Поэтому при перенесении микрофона из теплой среды в холодную и наоборот необходимо выждать не менее 30 минут.
3. До и после измерений следует проверять чувствительность измерительного тракта с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации. При подаче калибровочного сигнала показания фильтра, соответствующего частоте калибровки, должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах  $\pm 0,3$  дБ.

Для выполнения проверки калибровки применяют акустические калибраторы **АК-1000, CAL200, Тип 4231** или иные калибраторы, рекомендуемые производителем анализатора спектра. *Акустический калибратор **Защита-К** не разрешается применять с приборами, указанными выше.*

4. Главная ось микрофона перпендикулярна мембране микрофонного капсюля и направлена по оси предусилителя. При измерениях главная ось микрофона должна быть направлена на источник ультразвука.
5. При измерении ультразвука в ручном режиме оператор должен находиться на расстоянии не менее чем 50 см от микрофона так, чтобы отражения от его тела не сказывались на результатах.
6. После включения индикаторного блока и напряжения поляризации необходимо выждать не менее 60 секунд, прежде чем начинать измерения.
7. Измерение запускается клавишей **СТАРТ**. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя (при наличии).
8. Текущие показания уровней звукового давления с временными коррекциями **F, S** считываются на индикаторе ИИБ рядом с метками **Fast, Slow**.
9. Максимальные уровни звукового давления с временными коррекциями **F, S** считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Max**.
10. Средний по времени (эквивалентный) уровень звукового давления считывается на индикаторе ИИБ рядом с меткой **Leq**. В последней строке индикаторного экрана

считывают продолжительность измерения (усреднения по времени) эквивалентного уровня.

11. Величина УЗД  $L_{изм}(f)$  в полосе частот с центральной частотой  $f$  рассчитывается по формуле:

$$L_{изм}(f) = L_{инд}(f) + \Delta L_{микроф}(f) + \Delta L_{дон}(f)$$

Здесь  $L_{инд}(f)$  – значение УЗД, снятое с индикатора прибора (см. пп.8–10),  $\Delta L_{микроф}(f)$  – микрофонная поправка для частоты  $f$ ,  $\Delta L_{дон}(f)$  – поправка на дополнительные приспособления (ветрозащита, кабель и т.п.). Поправки на микрофон и дополнительные принадлежности определяются эксплуатационной документацией средств измерений. Поправка  $\Delta L_{дон}(f)$  при использовании микрофонных кабелей ЕХСxxxR принимается равной 0,0 дБ.

Если поправки на конкретные микрофон и дополнительные принадлежности не учитываются при расчете УЗД, то в оценке погрешности измерений следует учитывать дополнительные погрешности (п. 12) по типовым значениям неравномерности АЧХ для используемого типа микрофонов и дополнительных принадлежностей, если таковые известны из эксплуатационной документации. Значения дополнительных погрешностей в этом случае выбираются равными максимальной неравномерности АЧХ в рассматриваемом диапазоне частот.

12. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

$$\Delta L = 20 \times \lg \left( 1 + \sqrt{\left(10^{\Delta_1/20} - 1\right)^2 + \sum \left(10^{\Delta_k/20} - 1\right)^2} \right),$$

где  $\Delta_1$  – погрешность измерения в соответствии с Таблицей УЗ-4,  $\Delta_k$  –  $k$ -я дополнительная погрешность в децибелах.

Источником дополнительных погрешностей  $\Delta_k$  могут быть также дополнительные принадлежности или влияние внешних факторов – температуры, давления, влажности. В частности:

**Таблица УЗ-ДП-4**

Воздействующий фактор	Пределы дополнительной погрешности
Применение микрофонных удлинительных кабелей ЕХСХХR более 15 м	±0,1 дБ
Проведение измерений при относительной влажности воздуха <ul style="list-style-type: none"> <li>• в диапазоне 40...60 % ОВ</li> <li>• в диапазоне 30...40 % ОВ или 60...70 % ОВ</li> <li>• в диапазоне 10...30 % ОВ или 70...90 % ОВ</li> </ul>	±0,05 дБ ±0,1 дБ ±0,2 дБ
Проведение измерений при температуре воздуха <ul style="list-style-type: none"> <li>• в диапазоне +15... +30°C</li> <li>• в диапазоне +5... +15°C или +30...+40°C</li> <li>• в диапазоне -10... +5°C или +40...+50°C</li> </ul>	±0,15 дБ ±0,3 дБ ±0,7 дБ

В том случае, если эксплуатационная документация содержит калибровочные настройки для какого-либо из приведенных выше или иного воздействующего фактора, при проведении измерений с использованием данной калибровочной настройки соответствующая дополнительная погрешность принимается равной нулю.

13. Диапазоны и погрешности измерения уровней звукового давления приведены в **Таблице УЗ-4**.
14. Проверка калибровки непосредственно в контрольной точке выполняется в тех случаях, когда возникают сомнения в исправности прибора. В остальных случаях проверку калибровки допускается выполнять в иных местах, где соблюдаются

условия эксплуатации анализатора спектра, микрофона и калибратора, при этом интервал времени между проверкой калибровки и выполнением измерения не должен быть больше 16 ч. В случае смены микрофонного капсюля в контрольной точке проверка калибровки сразу после смены непосредственно в контрольной точке – обязательна.

**Таблица УЗ-4.** Виды комплектации приборов для работы в режиме анализатора спектра звукового давления в диапазоне частот, охватываемом третьоктавными полосами частот 12 500-100 000 Гц

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувствительность, $S_{ном}$ , мВ/Па	Максимальная 1/3-октавная полоса частот	Диапазон измерения УЗД при номинальной чувствительности, дБ	Погрешность измерения, не более, дБ			
Октава-110А-ЭКО	ЭкоЗвук-110А	ИИБ Октава-110А-ЭКО, Октава-110А или ИБ Экофизика-Д, ИМ 110А или НФ Предусилитель Р200/Р200(К) Кабель ЕХС00ХR		20 кГц	Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{max} - L_{min} + 5 \text{ дБ} \leq L_p \leq L_{max} - 5 \text{ дБ}</math>: <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{max}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{min}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>			
Октава-110А	Звук+								
Экофизика-110А	ЭкоЗвук						Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221)	50	11–139
Экофизика-110А (Белая)	ЭкоЗвук-ЭФБ-110А						Микрофон М-201, МК-233	14	22–150
		ВМК-201	12,5						
Экофизика-110А	Анализ-Х-НФ	ИБ Экофизика-Д ИМ 110А или НФ Предусилитель Р200/Р200(К) Кабель ЕХС00ХR (опция)		40 кГц	Диапазон измерения делится на три поддиапазона				
Экофизика	Ультразвук-40к						Микрофон М-201, МК-233	14	22–150
Экофизика-110А (Белая)	Ультразвук 40кГц						ВМК-201	12,5	31–159
Октава-110А	Ультразвук+ 1/3-октавный анализатор МІС						Микрофон МК301, 4135	5	40–170
	1/3-октавный анализатор МХУZ	Микрофон ВМК-401, ВМК-402А, 4136	1,5						
Экофизика-110А	Ультразвук-100к	ИИБ Экофизика-110А (НФ) Предусилитель Р200/Р200(К) (вход МІС/НФ)		63 кГц	Диапазон измерения делится на три поддиапазона				
Экофизика		Микрофон МК-401	5				100 кГц	47–159	
Экофизика-110А (Белая)		Микрофон МК-301, 4135					100 кГц	56–170	
	Ультразвук 100кГц	Микрофон ВМК-401, ВМК-402А, 4136	1,5						

\* Если калибровочная поправка для конкретного микрофона отличается от 0,0 дБ, диапазоны измерения смещаются на величину +**К**, где **К** – значение установленной калибровочной поправки, дБ.

## 8. Методика однократного прямого измерения уровней виброскорости с датчиком AV-01

Средства измерения указаны в **Таблице В-3**.

1. Выбор первичного преобразователя. Преобразователь виброскорости AV-01

Чувствительным элементом преобразователя является пьезокристалл с присоединенной массой. При вибрации масса по инерции давит на пьезокристалл, поэтому на гранях последнего возникает электрический заряд (явление «пьезоэлектричество»). Величина заряда пропорциональна силе, а следовательно, и ускорению. Датчик AV-01 имеет встроенный электронный усилитель-интегратор, который обеспечивает преобразование сигнала с пьезоэлектрического элемента в низкоомный сигнал напряжения, пропорциональный виброскорости.



Электрическая изоляция пьезоэлемента и встроенного усилителя-преобразователя от корпуса исключает влияние на результаты измерений заземляющих контурных токов. Максимальная частота может снижаться при использовании кабелей повышенной длины.

2. Подсоединить вибропреобразователь к индикаторному блоку в соответствии со схемами подключения в руководстве по эксплуатации (датчик AV-01 может напрямую подсоединяться к IEPЕ входам виброметра-анализатора спектра).
3. Перед проведением измерений рекомендуется проверить калибровку виброметра с помощью портативного виброкалибратора или вибрационного стенда в соответствии с руководством по эксплуатации.

При подаче калибровочного сигнала показания виброметра должны совпадать с калибровочным уровнем виброскорости в пределах:  $\pm 0,5$  дБ.

**Примечание:** при частоте калибровочного сигнала 159,16 Гц и виброускорении калибровочного сигнала  $10 \text{ м/с}^2$  (140 дБ отн.  $1 \text{ мкм/с}^2$ ) виброскорость равна  $10 \text{ мм/с}$  (106 дБ отн.  $5 \times 10^{-8} \text{ м/с}$ ).

Если проверка калибровки не проводится, следует провести опробование виброметра:




- проверить отсутствие механических повреждений кабеля, вибропреобразователя и прибора;
- проверить соответствие внутренних настроек прибора паспортным данным и результатам последней поверки;
- убедиться, что виброметр реагирует на вибрацию, а при отсутствии вибрации (в состоянии покоя) обеспечивает показания, близкие к типичным для данной лаборатории фоновым уровням.

Установить вибропреобразователь на вибрирующую поверхность.

**Таблица В-3-АДП. Рекомендуемые способы установки**

	<p>003ОП 004ОП</p>	<p>Платформа напольная для измерений вибрации на полу<sup>3</sup> (применяется для измерений общей вибрации). Датчик крепится с помощью переходной резьбовой шпильки М6/М5</p>
--	------------------------	--

<sup>3</sup> Для этой же цели можно использовать металлический лист 50х50 мм, к которому датчик крепится с помощью резьбовой шпильки (оптимальный вариант) либо магнита или мастики – см. **ГОСТ 31191.2**.

	<p>AM-01-OKT</p>	<p>Магнит для крепления датчика к металлическим магнитным поверхностям. Датчик крепится к магниту с помощью переходной резьбовой шпильки М6/М5</p>
	<p>MM-01-OKT</p>	<p>Площадка для клеевого крепления к поверхности. Датчик крепится к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348</p>
	<p>AW-01-1</p>	<p>Для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц</p>

Основание датчика должно плотно прилегать к вибрирующей поверхности. При креплении на шпильке следует убедиться, что между основанием датчика и вибрирующей поверхностью отсутствуют зазоры. Не допускается крепление датчика к неплоским поверхностям, а также к поверхностям, содержащим заусенцы и грязь и т. п. После включения виброметра выждать не менее 40–60 секунд, прежде чем начинать измерения.

4. Измерение запускается клавишей **СТАРТ**. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя (при наличии).
5. Показания текущих среднеквадратичных уровней виброскорости считываются на индикаторе виброметра рядом с метками **СКЗ-1с**, **СКЗ-5с**, **СКЗ-10с**.
6. Максимальные текущие среднеквадратичные уровни ускорения считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Max**.
7. Эквивалентный (средний по времени) уровень виброскорости считывается на индикаторе виброметра рядом с меткой **Leq**. В последней строке индикаторного экрана считывают продолжительность измерения (усреднения по времени) эквивалентного уровня.
8. Величина уровня виброскорости  $L_{изм}(f)$  в 1/3-октавной полосе частот с центральной частотой  $f$  корректируется по формуле:

$$L_{изм}(f) = L_{инд}(f) + \Delta L_{ВП}(f)$$

Здесь  $L_{инд}(f)$  – значение уровня виброскорости, снятое с индикатора прибора (см. пп.7–9),  $\Delta L_{ВП}(f)$  – поправка, характеризующая неравномерность АЧХ вибропреобразователя для частоты  $f$ . При измерениях виброскорости в фильтрах Fk, Fh поправка  $\Delta L_{ВП}(f)$  не применяется. Поправки на вибропреобразователь определяются эксплуатационной документацией конкретных средств измерений.

Если поправки на АЧХ вибропреобразователя не учитываются при расчете уровня виброскорости, то в оценке погрешности измерений следует учитывать дополнительные погрешности (п. 11) по типовым неравномерностям АЧХ для используемого типа датчика. Значения дополнительных погрешностей в этом случае выбираются равными максимальной неравномерности АЧХ в рассматриваемом диапазоне частот.

9. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:



$$\Delta L = 20 \times \lg \left( 1 + \sqrt{\left(10^{\Delta_1/20} - 1\right)^2 + \sum \left(10^{\Delta_k/20} - 1\right)^2} \right),$$

где  $\Delta_1$  – модуль погрешности измерения в соответствии с **Таблицей В-3**,  $\Delta_k$  –  $k$ -я дополнительная погрешность в децибелах (например, неравномерность АЧХ в диапазоне измерений).

Диапазоны и погрешности измерения виброскорости приведены в **Таблице В-3**.

**Таблица В-3.** Виды комплектации приборов для работы в режиме вибromетра-анализатора спектра виброскорости с датчиком AV-01

Модель	Режим измерения	Диапазон измерения при номинальной чувствительности 4,1 мВ/мм/с, дБ отн. $5 \times 10^{-8}$ м/с	Погрешность измерения, не более, дБ
Экофизика-111В с датчиком AV-01	Общая вибрация ЭФБ-110В	Fk (2,0–100 Гц): 75–139	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\pm 1,0</math> дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений);</li> <li>• <math>\pm 2,0</math> дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений)</li> </ul>
	Локальная вибрация ЭФБ-110В	Fh (6,3–1250 Гц): 64–139	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\pm 1,0</math> дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений);</li> <li>• <math>\pm 2,0</math> дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений)</li> </ul>
	Локальная вибрация ЭФБ-110В, 1/3-октавный анализатор XYZ	58–139 (6,3 Гц), 56–139 (8 Гц), 54–139 (10 Гц), 52–139 (16 кГц), 50–139 (25 Гц), 48–139 (31,5 Гц), 47–139 (50 Гц), 45–139 (63 кГц), 42–139 (125 Гц), 40–139 (250 Гц), 38–139 (630 Гц), 38–139 (1250 Гц и выше до 2 кГц)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Безударная вибрация:</b> <math>\pm 0,5</math> дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений и при наличии поправки АЧХ); <math>\pm 1,5</math> дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений и/или при неизвестной поправке на АЧХ вибропреобразователя)</li> <li>• <b>Ударная вибрация:</b> <math>\pm 2,0</math> дБ</li> </ul>

## 9. Методика однократного измерения уровней виброскорости в третьоктавных полосах частот с использованием акселерометров

*Измерения по настоящей методике не являются прямыми. В сфере государственного регулирования ОЕИ следует использовать аттестованную методику МИ ПКФ-20-063 (ФР.1.36.2021.38873).*

Средства измерения указаны в **Таблице В-4**. Измерения проводятся в одном из режимов:

- 1/3-октавный анализатор МІС,
- 1/3-октавный анализатор МХУZ,
- 1/3-октавный анализатор ХУZ.

1. Выбор первичного преобразователя. Типовая схема подключения вибродатчиков к приборам серий **Экофизика** рассчитана на применение пьезоакселерометров со встроенной электроникой типа **ІЕРЕ (ІСР)**.

Акселерометр – это первичный преобразователь (датчик), который преобразует сигнал виброускорения в напряжение. Измерение виброскорости при этом реализуется посредством интегрирования сигнала ускорения во вторичном приборе серии **Экофизика** с использованием режимов, перечисленных в **Таблице В-4**, предусмотрена возможность измерения спектров виброскорости с использованием акселерометра.

**Таблица В-4-ВІІ. Частотные диапазоны для некоторых акселерометров**

Модель	Минимальная частота (для неравномерности АЧХ $\pm 1$ дБ), Гц	Максимальная рекомендуемая частота ( $f_{рез}/5$ ), Гц *	Резонансная частота, Гц
AP98, AP98-100, AP2098-100	0,5	8000	>40 000
AP2037-10, AP2037-100	0,5	9000	>45 000
1V102HB-100, 1V102HB-10, 1V102TB-100, 1V102TB-10	0,5	10 000	>50 000
ДН-4-Э	0,4	5000	>25 000
AP2099-100	0,5	3000	>15 000
1V101HB-100	0,5	4800	>24 000
AP2006-500	0,1	1400	>7000
1V401HS-500	0,1	1800	>9000
AP2031-3	0,5	12 000	>60 000
AP2082M-100	0,5	6000	>30 000
1V151HC-100	0,5	9000	>45 000
AP2038P-10, AP2038P-100	0,5	7000	>35 000
1V151HC-10	0,5	9000	>45 000
1V154HC-100	0,5	4000	>20 000

\* Максимальная частота может снижаться при использовании кабелей повышенной длины.

Подсоединить вибропреобразователь к индикаторному блоку в соответствии со схемами подключения в руководстве по эксплуатации.

2. Перед проведением измерений рекомендуется проверить чувствительность измерительного тракта виброметра с помощью портативного виброкалибратора или устройства воспроизведения опорного сигнала в соответствии с руководством по эксплуатации.

При подаче калибровочного сигнала показания виброметра для уровня виброускорения в соответствующей 1/n-октавной полосе частот должны совпадать с калибровочным уровнем виброускорения в пределах:  $\pm 0,4$  дБ. Если проверка калибровки проводится в режиме индикации виброскорости, то показания виброметра следует сравнивать с калибровочным уровнем виброскорости. Например, при частоте калибровки 159,16 Гц и виброускорении калибровочного сигнала  $10 \text{ м/с}^2$  (140 дБ отн.  $1 \text{ мкм/с}^2$ ) виброскорость равна  $10 \text{ мм/с}$  (106 дБ отн.  $5 \times 10^{-8} \text{ м/с}$ ).


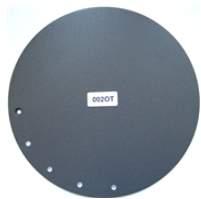
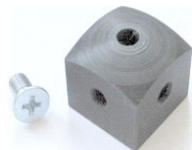
Рекомендуемые модели портативных виброкалибраторов: КВ-160, АТ01, АТ01m, 394С06. **Вибрационный калибратор ВК 16/160 не разрешается применять с приборами, указанными выше.**

Если проверка калибровки не проводится, следует провести опробование виброметра:

- проверить отсутствие механических повреждений кабеля, вибропреобразователя и прибора;
- проверить соответствие внутренних настроек прибора паспортным данным и результатам последней поверки;
- убедиться, что виброметр реагирует на вибрацию, а при отсутствии вибрации (в состоянии покоя) обеспечивает показания, близкие к типичным для данной лаборатории фоновым уровням.

Установить вибропреобразователь на вибрирующую поверхность.

**Таблица.** Рекомендуемые способы установки

	<p>003ОП 004ОП</p>	<p>Платформа напольная для измерений вибрации на полу<sup>4</sup> (применяется для измерений общей вибрации). Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки</p>
	<p>002ОТ</p>	<p>Платформа-диск для измерений вибрации 3-компонентным датчиком на жестком и плоском сиденье. Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки</p>
	<p>001ОТ</p>	<p>Кубик для установки однокомпонентного датчика с различной ориентацией на платформу 002ОТ (см. выше)</p>

	003РД	Полужесткий диск для установки 3-компонентного датчика 1V151НС, АР2082М или АР2038Р. Применяется для измерений вибрации на любых сиденьях
	АМ-01-ОКТ	Магнит для крепления датчика к металлическим магнитным поверхностям. Датчик крепится к магниту с помощью шпильки
	ММ-01-ОКТ	Площадка для клеевого крепления к поверхности. Датчик крепится к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348
	МП-03-ОКТ	Многопозиционная площадка для клеевого крепления к поверхности. Датчики крепятся к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348
	АW-01	Восковая мастика для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц

<sup>4</sup> Для этой же цели можно использовать металлический лист 50x50 мм, к которому датчик крепится с помощью резьбовой шпильки (оптимальный вариант) либо магнита или мастики – см. **ГОСТ 31191.2**.

Основание датчика должно плотно прилегать к вибрирующей поверхности. При креплении на шпильке следует убедиться, что между основанием датчика и вибрирующей поверхностью отсутствуют зазоры. Не допускается крепление датчика к неплоским поверхностям, а также к поверхностям, содержащим заусенцы и грязь и т. п.

При измерении высокочастотных вибраций (выше 3–5 кГц) следует использовать только резьбовое крепление на шпильках или винтах, либо клеевое крепление с использованием твердых (каталитических или термореактивных) клеев (последнее сокращает срок службы датчика).

Крепление на магните может использоваться только для измерений не выше 3–5 кГц. При установке нескольких ВП на общую проводящую поверхность могут возникать электрические помехи, которые особенно сильно проявляются на частоте 50 Гц.

Для устранения или уменьшения влияния электрической помехи следует:

- крепить ВП посредством изолирующей шпильки (не входит в типовой комплект, запрашивается дополнительно у изготовителя);
- проводить измерения одним датчиком последовательно;
- использовать ВП с изолированным основанием.

*Примечание.* Если при отсутствии вибрационного сигнала на основании акселерометра уровень виброускорения в третьоктаве 50 Гц отличается в большую сторону от уровней виброускорения в третьоктавах 40 Гц и 63 Гц не более, чем на 6 дБ, то можно считать, что электрическая помеха отсутствует.

После включения виброметра в режим «1/3-октавный анализатор...» выждать не менее 40–60 секунд, прежде чем начинать измерения.

3. Измерение запускается клавишей **СТАРТ**. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя (при наличии).
4. Показания текущих среднеквадратичных уровней виброскорости в дБ считываются на индикаторе виброметра рядом с меткой **L дБ** при индикации **1 с, 5 с, 10 с**.
5. Эквивалентный (средний по времени) уровень виброскорости считывается на индикаторе виброметра рядом с меткой **L дБ** при индикации **Leq**. В последней строке индикаторного экрана считывают продолжительность измерения (усреднения по времени) эквивалентного уровня.
6. Если показания текущих или средних уровней составляют 0 дБ, то следует увеличить на 20 дБ установленную в приборе калибровочную поправку для используемого датчика, а из считываемых рядом с соответствующих меток значений вычитать 20 дБ.
7. Величина уровня виброскорости  $L_{изм}(f)$  в полосе частот с центральной частотой  $f$  рассчитывается по формуле:

$$L_{изм}(f) = L_{инд}(f) + \Delta L_{ВП}(f)$$

Здесь  $L_{инд}(f)$  – значение уровня скорости, снятое с индикатора прибора (см. пп.4, 5),  $\Delta L_{ВП}(f)$  – поправка, характеризующая неравномерность АЧХ акселерометра для частоты  $f$ . Поправки на вибропреобразователь определяются эксплуатационной документацией средств измерений.

Если поправки на АЧХ вибропреобразователя не учитываются при расчете уровня ускорения, то в оценке погрешности измерений следует учитывать дополнительные погрешности по типовым неравномерностям АЧХ для используемого типа датчика. Значения дополнительных погрешностей в этом случае выбираются равными максимальной неравномерности АЧХ в рассматриваемом диапазоне частот. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

$$\Delta L = 20 \times \lg \left( 1 + \sqrt{\left(10^{\Delta_1/20} - 1\right)^2 + \sum \left(10^{\Delta_k/20} - 1\right)^2} \right),$$

где  $\Delta_1$  – модуль погрешности измерения в соответствии с **Таблицей В-4**,  $\Delta_k$  –  $k$ -я дополнительная погрешность в децибелах (например, неравномерность АЧХ в диапазоне измерений).

Диапазоны и погрешности измерения скорректированных ускорений приведены в **Таблице В-4**.

**Таблица В-4.** Виды комплектации приборов для работы в режиме виброметра анализатора спектра виброскорости с датчиками ускорения

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувствительность $S_{ном}, мВ/мс^{-2}$	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. $5 \times 10^{-8}$ м/с	Погрешность измерения, не более, дБ
Экофизика-110А	1/3-октавный анализатор МПС	ИИБ (измерительно-индикаторный блок) Адаптер 110А-IEPE		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Синусоидальный сигнал</i> ±1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений);</li> <li>±1,4 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <i>Широкополосная безударная вибрация:</i> ±1,4 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений);</li> <li>±1,5 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений)</li> <li>• <i>Ударная вибрация:</i> не установлена</li> </ul>
		Вибропреобразователи АР2038Р-10, 1V151НС-10, АР2037-10, 1V102НВ-10, 1V102ТВ-10	1	82–204 (1 Гц), 65–184 (10 Гц), 46–164 (100 Гц), 26–144 (1 кГц)	
		Вибропреобразователи АР2098, АР98, АР2082М, АР2038Р-100, АР2038-100, 1V151НС-100, АР2037-100, 1V102НВ-100, 1V102ТВ-100	10	62–184 (1 Гц), 45–164 (10 Гц), 26–144 (100 Гц), 6–124 (1 кГц)	
	1/3-октавный анализатор МХУZ (канал МПС)	Вибропреобразователи АР2099-100, 1V101НВ-100, 1V154НС-100	10	54–184 (1 Гц), 32–164 (10 Гц), 7–144 (100 Гц), -13–124 (1 кГц)	
		Вибропреобразователь АР2006-500	50	37–171 (1 Гц), 20–151 (10 Гц), 0–131 (100 Гц), -20–111 (1 кГц)	
		Вибропреобразователь 1V401НС-500	50	40–171 (1 Гц), 23–151 (10 Гц), 3–131 (100 Гц), -20–111 (1 кГц)	
Экофизика-110А	1/3-октавный анализатор МХУZ (каналы X, Y, Z)	ИИБ (измерительно-индикаторный блок)	Диапазон измерения – единый	<ul style="list-style-type: none"> <li>не менее +5 дБ от нижнего предела измерений);</li> <li>±1,5 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений)</li> </ul>	
Вибропреобразователи АР2038Р-10, 1V151НС-10, АР2037-10, 1V102НВ-10, 1V102ТВ-10		1	90–194 (1 Гц), 70–174 (10 Гц), 50–154 (100 Гц), 30–134 (1 кГц)		
Экофизика-111В	1/3-октавный анализатор МХУZ (каналы X, Y, Z)	Вибропреобразователи АР2098, АР98, АР2082М, АР2038Р-100, АР2038-100, 1V151НС-100, АР2037-100, 1V102НВ-100, 1V102ТВ-100	10	70–174 (1 Гц), 50–154 (10 Гц), 30–134 (100 Гц), 10–114 (1 кГц)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ударная вибрация:</i> не установлена</li> </ul>
Экофизика-110В		Вибропреобразователи АР2099-100, 1V101НВ-100, 1V154НС-100	10	52–174 (1 Гц), 32–154 (10 Гц), 20–134 (100 Гц), 0–114 (1 кГц)	
Экофизика-110В	1/3-октавный анализатор ХУZ	Вибропреобразователь АР2006-500	50	37–161 (1 Гц), 20–141 (10 Гц), 0–121 (100 Гц), -20–101 (1 кГц)	<ul style="list-style-type: none"> <li>не установлена</li> </ul>
		Вибропреобразователь 1V401НС-500	50	40–161 (1 Гц), 23–141 (10 Гц), 3–121 (100 Гц), -23–101 (1 кГц)	

\* Если калибровочная поправка для конкретного микрофона отличается от 0,0 дБ, диапазоны измерения смещаются на величину +**К**, где **К** – значение установленной калибровочной поправки, дБ.

**Приложение № 1.****Список терминов, употребляемых в технической документации ПО «Октава-ЭлектронДизайн»****ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ, ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ**

<b>Автозамер</b>	В приборах <b>Экофизика-110А (Белая), Экофизика-110В (Белая), Экофизика-111В, Октава-111</b> – один из видов автоматического сохранения в память прибора заданного пользователем количества последовательных наборов всех измеряемых величин с заданным шагом по времени. Результаты измерений из файла автозамера можно повторно вывести на экран прибора для обозрения. Файлы автозамеров можно обрабатывать на компьютере с помощью специализированного ПО, в том числе ПО семейства Signal+. В некоторых приборах (Октава-110А-ЭКО, Экофизика и Экофизика-110А(В) первых годов выпуска) аналогичная функция называлась «Мультизапись». Не следует путать её с функцией «Мультизапись» приборов ЭКОФИЗИКА-110А/В (Белая) и Экофизика-111В.
<b>Автозапись</b>	В приборах <b>Октава-101АМ, 101В, 110А</b> – автоматическая запись в память результатов измерений с заданным шагом по времени.
<b>Автокалибровка</b>	В приборах серий <b>Экофизика</b> – режим автоматического измерения калибровочной поправки при использовании внешнего калибровочного сигнала; режим автокалибровки доступен только в некоторых измерительных программах и только для тех датчиков, в карточке которых единица измерений не переименовывалась пользователем. В некоторых моделях предыдущего поколения (Октава-110А, 101АМ и др.) близкая по содержанию процедура называлась « <b>внешняя калибровка</b> ».
<b>Адаптер прямого входа</b>	В приборах серий <b>Октава и Экофизика</b> – адаптер (кабельного или блочного типа) для подачи сигнала напряжения с выхода внешних согласующих устройств (например, микрофонных блоков питания, ИСР-блоков питания, согласующих усилителей) или генераторов на вход прибора.
<b>Групповая запись</b>	В приборах <b>Экофизика-110А (Белая), Экофизика-110В (Белая), Экофизика-111В</b> – тип записи в памяти, при использовании которого несколько последовательных сохраняемых в ручном режиме наборов результатов измерений записываются в единый файл.
<b>Запись в блокнот</b>	В приборах <b>Экофизика-110А (Белая), Экофизика-110В (Белая), Экофизика-111В</b> – тип записи в память, при котором часть информации на экране прибора сохраняется в текстовый файл в хронологическом порядке (журнал). Запись в блокнот может использоваться для сохранения результатов экранной обработки или промежуточных расчетов функцией акустического калькулятора прибора.
<b>Запись сигнала</b>	В приборах серий <b>Экофизика</b> – запись цифровых временных форм сигналов, поступающих на вход прибора. Запись сигнала может осуществляться как непосредственно в энергонезависимую память прибора (тип файла .EDT), так и в компьютер через канал телеметрии с использованием специализированного ПО, например ПО семейства Signal+ (тип файла .SDT).
<b>Измерительно-индикаторный блок (ИИБ)</b>	Часть средства измерения, которая обеспечивает обработку входных сигналов (например, цифровое преобразование, фильтрацию), определение значений измеряемых величин и их отображение на индикаторном устройстве.

<b>Калибровка</b>	Совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений (Федеральный закон от 11 июня 2008 г. N 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений").
<b>Калибровочная поправка</b>	Отклонение (в децибелах) фактического коэффициента преобразования прибора от номинального значения.
<b>Калибровка. Номинальная чувствительность</b>	В приборах группы <b>Октава-ЭлектронДизайн</b> – приписываемое по умолчанию значение коэффициента преобразования измерительного тракта (например, 50 мВ/Па, 10 мВ/мс <sup>-2</sup> ), относительно которого определяется калибровочная поправка. В приборах серий Экофизика номинальная чувствительность может настраиваться пользователем.
<b>Диапазон измерений</b>	<b>МЭК 61260-1, ГОСТ Р 8.714:</b> Диапазон уровней входного сигнала от нижней границы линейного рабочего диапазона для наиболее чувствительного диапазона уровней до верхней границы линейного рабочего диапазона для наименее чувствительного диапазона уровней (данное определение более оптимально для приборов серий Октава и Экофизика). <b>РМГ 29-2013:</b> Множество значений величин одного рода, которые могут быть измерены данным средством измерения или измерительной системой с указанной инструментальной неопределенностью или указанными показателями точности при определенных условиях.
<b>Диапазон линейный рабочий</b>	Определяемый для любого диапазона шкалы (диапазона уровней) и заданной частоты интервал уровней, для которого погрешности линейности уровня не превышают пределов допуска, указанных в стандарте (ГОСТ Р 53188.1-2019, ГОСТ Р 8.714 и ГОСТ ИСО 8041 и др.). Линейный рабочий диапазон может состоять из нескольких перекрывающихся диапазонов уровней (шкалы).
<b>Диапазон опорный</b>	Диапазон шкалы (уровней), указанный для испытания электроакустических характеристик шумомера (виброметра, анализатора, фильтра) и включающий в себя опорный уровень.
<b>Диапазон шкалы (уровней)</b>	Номинальный интервал уровней, измеряемых при определенном положении элементов управления прибора.
<b>Многошаговый откат</b>	В приборах серии Экофизика-110А (Белая) – функция, позволяющая в процессе измерений сделать несколько последовательных откатов назад с фиксированным шагом по времени для исключения вклада внезапной помехи (в некоторых иностранных приборах функция однократного отката называется Backerasing).
<b>Мультизапись</b>	В приборах серий <b>Экофизика-110А/В (Белая) и Экофизика-111В</b> – автоматическая запись в память результатов измерений с постоянным шагом по времени, для которой имеются специальные средства выделения и обработки виброакустических событий по хронограммам файлов. В приборах предыдущих поколений термин «Мультизапись» применялся к разновидности автоматической записи в память, которая впоследствии получила название «Автозамер».
<b>Октава, октавное отношение</b>	Октава: в акустике – обозначение полосы частот, у которой отношение верхней граничной частоты к нижней граничной частоте равно октавному отношению. Октавное отношение: номинальное октавное отношение равно 2. Точное стандартизованное октавное отношение по МЭК 61260-1: $G = 10^{3/10}$



<b>Проверка</b>	Совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям (Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений").
<b>Оперативная история, предыстория</b>	В некоторых изделиях объединения <b>Октава-ЭлектронДизайн</b> , таких как <b>Октава-121, Экофизика-110А («Белая»), Экофизика-110В («Белая»), Экофизика-111В, ПО ReportXL</b> , – содержимое специального буфера оперативной памяти, в котором временно содержатся результаты измерений за небольшой период времени, предшествующий текущему моменту. Эти результаты могут быть использованы для <b>оперативной постобработки</b> . После сброса буфер оперативной истории обнуляется.
<b>Оперативная постобработка</b>	Расчеты, выполняемые внутри прибора или ПО Signal+, по данным оперативной истории (см. « <b>оперативная история</b> »). Примером такой обработки является постобработка хронограмм предыстории в приборах <b>Экофизика-110А/110В (исполнение «Белая») и 111В</b> .
<b>Хронограмма</b>	Графическое представление изменения значения какой-либо измеренной величины от времени.

## АКУСТИЧЕСКИЕ И ВИБРОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ

<b>Акселерометр</b>	В виброметрии – вибропреобразователь виброускорения (см. вибропреобразователь).
<b>Акселерометр однокомпонентный</b>	Однокомпонентный акселерометр (1V101НВ, 1V102ТВ, AP2098, AP2037, AP2099 и др.) позволяет измерить только компоненту вибрации в одном направлении (ось чувствительности такого датчика ортогональна плоскости основания).
<b>Акселерометр трехкомпонентный</b>	Трехкомпонентный датчик (например, 1V151НС, 1V154НС, AP2082М, AP2038Р и др.) содержит три взаимно перпендикулярных чувствительных элемента и одновременно измеряет все три составляющих виброускорения. При установке на объект трехкомпонентный датчик нужно ориентировать так, чтобы направления осей чувствительности X, Y, Z совпадали с интересующими направлениями вибрации.
<b>Акустический калибратор</b>	Устройство, генерирующее синусоидальное звуковое давление заданного уровня и частоты с целью возбуждения присоединенного к нему микрофона определенной модели и конфигурации (ГОСТ Р МЭК 60942-2009). С приборами серий <b>Октава</b> и <b>Экофизика</b> допускается использовать калибратор АК-1000, CAL200, 4230, 4221. <b>Не допускается использовать калибратор Защита-К.</b>

<p><b>Анализатор спектра</b></p>	<p>В виброакустике: средство измерения спектра, то есть частотного распределения энергии (мощности, плотности энергии или плотности мощности), амплитуды или фазы акустического или вибрационного сигнала. На практике АС имеет исполнение в виде наборов смежных полосовых фильтров, например фильтров на долю октавы, с перекрывающимися полосами пропускания, либо в виде устройства, реализующего алгоритмы дискретного преобразования Фурье, например БПФ.</p>
<p><b>Быстрое преобразование Фурье, БПФ</b></p>	<p>Алгоритм вычисления Дискретного преобразования Фурье (ДПФ). ДПФ осуществляет преобразование конечной последовательности дискретных выборок исходной функции (временной формы сигнала) в последовательность такой же длины дискретных значений частотных составляющих с постоянным шагом по частоте. Одной из особенностей БПФ является то, что количество точек во временном окне анализа (длина последовательности выборок сигнала) равно <math>2^N</math>.</p>
<p><b>Вибрация</b></p>	<p>Движение точки или механической системы, при котором происходят колебания (поочередные возрастания и убывания во времени) характеризующих его скалярных величин (ГОСТ 24346-80). К вибрации часто относят также ударные процессы: <b>Удар</b> – всплеск ускорения короткой длительности (ГОСТ ISO/TS 15694).</p>
<p><b>Вибрация локальная (Hand-Arm vibration)</b></p>	<p>ГОСТ 12.1.012-2014: Вибрация, передаваемая через кисти рук человека в местах контакта с управляемой машиной или обрабатываемым изделием. СанПиН 2.2.4.3359-16 (<i>отменены на момент издания данной МИ</i>): Вибрация, передающаяся через руки, ступни ног сидящего человека и на предплечья, контактирующие с вибрирующими рабочими поверхностями.</p>
<p><b>Вибрация общая (Whole-Body vibration)</b></p>	<p>ГОСТ 12.1.012-2004: Вибрация, передаваемая на тело стоящего, сидящего или лежащего человека в точках его опоры (ступни ног, ягодицы, спина, голова). СанПиН 2.2.4.3359-16 (<i>отменены на момент издания данной МИ</i>): Вибрация, передаваемая на тело через опорные поверхности: для стоящего – через ступни ног, для сидящего – через ягодицы, для лежащего человека – через спину и голову. Вибрацию в помещениях жилых и общественных зданий традиционно также называют общей вибрацией, хотя ее измерение не соотносится с расположением опорных поверхностей человека.</p>
<p><b>Вибро-перемещение, виброскорость, вибро-ускорение</b></p>	<p><b>Виброперемещение</b> – составляющая перемещения, описывающая вибрацию (ГОСТ 24346). <b>Виброскорость</b> – производная виброперемещения по времени. <b>Виброускорение</b> – производная виброскорости по времени.</p>
<p><b>Вибро-ускорение полное</b></p>	<p><b>Для общей вибрации:</b> полное СКЗ виброускорения по ГОСТ 31191.1:</p> $a_v = (k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2)^{1/2},$ <p>где <math>a_{wx}, a_{wy}, a_{wz}</math> – среднеквадратичные значения скорректированного виброускорения, вдоль направлений осей координат x, y и z соответственно; <math>k_x, k_y, k_z</math> – весовые коэффициенты. В настоящее время в РФ этот параметр не используется для гигиенической оценки вибрации.</p> <p><b>Для локальной вибрации:</b> по ГОСТ 31192.1, полное СКЗ скорректированного виброускорения – это корень из суммы квадратов по всем трем направлениям измерения вибрации. В приборах серии Экофизика этот параметр отображается на экране прибора. В настоящее время в РФ полное ускорение локальной вибрации не используется для гигиенической оценки, но может применяться для заявления вибрационной характеристики ручной машины.</p>

<p><b>Виброускорение. Частотные коррекции</b></p>	<p>Функция, заключающаяся в том, что исходный сигнал пропускают через корректирующий фильтр, представляющий собой комбинацию полосового и весового фильтров. Частотная коррекция может быть также достигнута с помощью спектрального анализа (БПФ или 1/п-октавного) с последующим энергетическим суммированием частотных компонент, умноженных на соответствующие весовые коэффициенты:</p> $a_w = \left[ \sum_i (w_i a_i)^2 \right]^{1/2}$ <p>Для измерения вибрации, воздействующей на человека, используют фильтры частотных коррекций, требования к которым установлены в ГОСТ Р 59701.1-2022 ИСО 8041-1:2017) .</p> <p>Wk – общая вибрация в направлении Z.  Wd – общая вибрация в направлениях X,Y.  Wm – общая вибрация при неопределенной позе человека в помещениях жилых и общественных зданий, в помещениях экипажа и пассажиров морских и речных судов (Wa – коррекция Wm в урезанном диапазоне частот).  Wb – для оценки комфорта пассажиров ж/д транспорта.  Wh – локальная вибрация.</p>
<p><b>Виброускорения уровень, уровень виброускорения</b></p>	<p>Уровнем виброускорения <math>L_a</math> называется величина, рассчитываемая по формуле:</p> $L_a = 10 \lg \left( \frac{a}{a_0} \right)^2 = 20 \lg \left( \frac{ a }{a_0} \right),$ <p>где <math>a</math> – виброускорение (в м/с<sup>2</sup>), <math>a_0=10^{-6}</math> м/с<sup>2</sup> – опорный уровень.  Уровни виброускорения измеряются в дБ отн. опорного значения.</p> <p>В некоторых случаях (например, для измерений вибрации на судах), для измерений логарифмических уровней используют иные опорные значения</p> $3 \cdot 10^{-4}, 3.14 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$
<p><b>Текущие и максимальные СКЗ скорректированного ускорения</b></p>	<p>Текущее СКЗ скорректированного виброускорения:</p> $a_{w,\theta} = \left( \frac{1}{\theta} \int_{t-\theta}^t a_w^2(\zeta) d\zeta \right)^{1/2}$ <p>В приборах серий Экофизика и ОКТАВА <math>\theta</math> принимает значения 1 с, 5 с, 10 с.</p> <p>Максимальные уровни и значения в приборах серий Экофизика и Октава:</p> $MAX(T) = \begin{cases} 0 & t < \tau \\ \max[X(t)] & \tau \leq t < T \end{cases},$ <p>где MAX(T) – значение, которое выводится на экран в момент времени T; X(t) – текущее среднеквадратичное значение величины X в промежуточный момент времени t; величина <math>\tau</math> отсчитывается от момента запуска измерений или от момента последнего сброса. Значения <math>\tau</math> для различных измерительных программ приведены в их спецификациях.</p>

<b>Максимальное текущее средне-квадратичное виброускорение (MTVV)</b>	Максимальное значение текущего среднеквадратичного значения скорректированного ускорения для периода интегрирования $\theta$ , равного 1 с (ГОСТ Р 59701.1-2022 ИСО 8041-1:2017)). В приборах серий <b>Октава и Экофизика</b> термину <i>MTVV</i> соответствуют величины <b>МАХ СКЗ-1с</b> скорректированного ускорения общей вибрации.
<b>Пиковое скорректированное виброускорение</b>	Максимальное значение модуля скорректированного мгновенного ускорения на периоде измерения. В приборах серий <b>Экофизика</b> пиковое ускорение измеряется как за полное время измерения (глобальный пиковый уровень/значение), так и за последние 1 с, 5 с, 10 с («текущий пиковый уровень» – обозначение PkT). <i>Примечание: не следует путать пиковое ускорение с максимальным среднеквадратичным ускорением.</i>
<b>Доза вибрации VDV</b>	Величина, представляющая собой интеграл четвертой степени скорректированного ускорения, выражаемая в $m/s^{1.75}$ и определяемая формулой $VDV = \left( \int_0^T a_w^4(t) dt \right)^{1/4},$ где $a_w(t)$ - мгновенное значение скорректированного виброускорения, $[m/s^2]$ ; T - период измерений, [с]. В Европе величина VDV используется для нормирования общей вибрации на рабочих местах. В Российской Федерации величина VDV не используется для гигиенического нормирования. Не следует путать величину VDV с понятием дозы вибрации, которое используется в ГОСТ 12.1.012-90 (отменен) и в некоторых санитарных нормах (в основном, относящихся к водному транспорту).
<b>Вибрационная экспозиция A(8)</b>	Для локальной вибрации – полное виброускорение, приведенное к продолжительности рабочей смены: $A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$ , где $a_{hv} = \sqrt{a_{hw_x}^2 + a_{hw_y}^2 + a_{hw_z}^2}$ – среднее по времени значение полной вибрации на периоде воздействия. T – продолжительность воздействия локальной вибрации за смену. T <sub>0</sub> – продолжительность рабочей смены (ГОСТ 31192.1).
<b>Вибропреобразователь (vibration transducer)</b>	Первичный преобразователь (датчик, сенсор), выходной электрический сигнал которого или одна из электрических характеристик однозначно определяют значение измеряемого параметра вибрации (ГОСТ 30296-95). Устройство для преобразования измеряемого механического движения, например ускорения в заданном направлении, в величину, удобную для измерения или записи (ГОСТ ISO 16063-1-2013).
<b>Вибро-преобразователь со встроенной электроникой (IEPE, ICP)</b>	Пьезоакселерометр, в который интегрирована электронная схема согласования импедансов (преобразует высокоимпедансный сигнал пьезоэлектрической сенсорной части в низкоимпедансный – порядка 100 Ом – выходной сигнал), соответствующая спецификации IEPE. Питание встроенной электроники IEPE осуществляется постоянным током от 2 до 20 мА с напряжением от 18 до 30 В (DC). Отличительной особенностью IEPE–принципа является то, что питание датчика и передача полезного сигнала осуществляется по одной и той же однопроводной экранированной линии. IEPE – Integrated Electronics Piezo-Electric – обозначение неофициального промышленного стандарта для встроенной электроники пьезоэлектрических датчиков (ускорения, силы, динамического давления). Некоторые микрофонные предусилители обеспечивают прямое подключение к аппаратуре со входом для IEPE датчиков и поэтому также могут обозначаться как IEPE (ICP) предусилители. Некоторые производители выпускают изделия по технологии IEPE с использованием собственных торговых марок: ICP(R) (PCB Piezotronics, США), Deltatron (R) (Bruel&Kjaer, Дания), Isotron (R) (Endevco, США).

<b>Виброкалибратор</b>	Устройство для воспроизведения вибрации с заданными характеристиками в целях определения или проверки метрологических характеристик средств измерения вибрации.
<b>Звук</b>	Физическое явление, представляющее собой распространение в виде упругих волн механических колебаний в твердой, жидкой или газообразной среде.
<b>Звуковое давление</b>	Разность между мгновенным суммарным давлением и соответствующим статическим давлением (ГОСТ Р 53188.1, МЭК 61672-1).
<b>Уровень звукового давления</b>	Десять десятичных логарифмов отношения среднего по времени квадрата звукового давления к квадрату опорного звукового давления. $L_p = 10 \lg \left( \frac{P^2}{P_0^2} \right)$
<b>Микрофон</b>	В измерительной акустике – электроакустический преобразователь, с помощью которого из акустических колебаний получают электрический сигнал (ГОСТ Р 53188.1-2019). Во многих стандартах и иных документах под микрофоном понимают сочетание капсуля конденсаторного микрофона и предусилителя. Однако на практике микрофоном могут также называть только микрофонный капсюль.
<b>Микрофонный капсюль</b>	Часть конденсаторного микрофона, преобразующая колебания звукового давления в колебания емкости, которые затем преобразуются в колебания напряжения. Изменения емкости осуществляются благодаря механическим колебаниям тонкой мембраны, расположенной на небольшом расстоянии от неподвижного металлического электрода. Электрическое напряжение может создаваться двумя способами: а) нанесением слоя электрета, содержащего заряженные частицы, на неподвижный электрод (преполяризованный микрофон), б) подачей внешнего постоянного напряжения, обычно 200В, на неподвижный электрод (микрофон с внешней поляризацией). На практике, а также в некоторых стандартах, микрофонные капсули называют просто микрофонами.
<b>Микрофонный предусилитель</b>	Часть микрофона, которая обеспечивает преобразование высокоимпедансного выходного сигнала микрофонного капсюля в низкоимпедансный сигнал. Для микрофонов с внешней поляризацией используются предусилители, которые также обеспечивают подачу поляризационного напряжения.
<b>Октавный фильтр, 1/п-октавный фильтр</b>	Октавный фильтр – полосовой фильтр, у которого отношение верхней граничной частоты к нижней граничной частоте равно октавному отношению (МЭК 61260-1). 1/п-октавный фильтр – полосовой фильтр, у которого отношение верхней граничной частоты к нижней граничной частоте равно октавному отношению, возведенному в степень, равную используемому показателю ширины полосы 1/п.
<b>Основное затухание (фильтра)</b>	Номинальное затухание фильтров в полосе пропускания, указанное для определения относительного затухания. Затухание фильтра – разность (в дБ) между уровнем входного сигнала и уровнем соответствующего выходного сигнала.
<b>Относительное затухание (фильтра)</b>	Разность между затуханием фильтра и основным (номинальным) затуханием.

<b>Полосовой фильтр</b>	Фильтр с единственной полосой пропускания (или полосой пропускания с малым относительным затуханием), которая простирается от нижней граничной частоты, большей нуля, до конечной верхней граничной частоты (МЭК 61260-1).
<b>Уровень звука Корректированный по А, С, Z уровень звука, частотная коррекция (шумомера)</b>	<p><b>Уровень звука:</b> объективная характеристика человеческого восприятия силы звука. Уровень корректированного по частоте квадрата звукового давления с учетом временной коррекции или усреднения по времени (ГОСТ Р 53188.1).</p> <p><b>Частотная коррекция, дБ:</b> разность между уровнем частотно-корректированного сигнала, показываемым на устройстве отображения шумомера, и соответствующим уровнем установившегося синусоидального входного сигнала с постоянной амплитудой, выраженная как функция частоты. Используемые в шумомерах частотные коррекции А и С приблизительно соответствуют кривым равной громкости для умеренных и очень сильных акустических сигналов.</p>
<b>Уровень звука с временной коррекцией  Временные коррекции S, F, I</b>	<p>Десять десятичных логарифмов отношения усредненного с учетом временной коррекции квадрата звукового давления к квадрату опорного звукового давления:</p> $L_{AX}(t) = 10 \lg \left[ \frac{\frac{1}{\tau_X} \int_{-\infty}^t p_A^2(\xi) e^{-\frac{t-\xi}{\tau_X}} d\xi}{p_0^2} \right],$ <p>где <math>\tau_X</math> – экспоненциальная постоянная времени для временных характеристик F или S, с; <math>\xi</math> – переменная интегрирования от некоторого времени в прошлом, которое обозначено как нижний предел интегрирования, до времени наблюдения t; <math>p_A(\xi)</math> – мгновенное корректированное по А (С, Z) звуковое давление; <math>p_0</math> – опорное звуковое давление (20 мкПа).          Временной коррекции S соответствует константа <math>\tau_X = 1</math> с.          Временной коррекции F соответствует константа <math>\tau_X = 0,125</math> с.          Уровень звука с временной коррекцией приблизительно совпадает с текущим средним по времени уровнем звука с интервалом усреднения <math>2\tau</math>. Временным коррекциям F и S на индикаторе шумомера могут также соответствовать метки FAST и SLOW (быстро и медленно) соответственно. Временная характеристика I (IMPULSE) представляет собой комбинацию функции временной коррекции с очень маленькой постоянной времени и специального дополнительного детектора.          Нормативное значение постоянной времени <math>\tau</math> для коррекции I равно 35 мс как для нарастания, так и для спада сигнала. Дополнительный детектор предназначен для хранения результата в течение времени, необходимого для отображения уровня с коррекцией I. Нормативное значение скорости спада детектора характеристики I равно 2,9. Временной характеристике I на индикаторе шумомера соответствуют метки I или Imp.</p>
<b>Текущий корректиро- ванный уровень звука с временной коррекцией</b>	Измеренный в данный момент времени корректированный по А (С, Z, ...) уровень звука с временной коррекцией S (I, F).
<b>Максимальный уровень звука</b>	ГОСТ Р 53188.1-2019 (МЭК 61672-1): Наибольший на заданном интервале времени уровень звука с временной коррекцией. В шумомерах под заданным интервалом времени понимается промежуток между запуском измерения и текущим моментом времени.

<p><b>Минимальный уровень звука</b></p>	<p>Термин "минимальный уровень звука" не является стандартизованным. В шумомерах серий <b>Октава</b> и <b>Экофизика</b> этот термин понимается как наименьший скорректированный уровень звука с временной коррекцией на интервале времени, который начинается с небольшой задержкой (несколько секунд) после запуска измерения и заканчивается текущим моментом времени.</p>
<p><b>Пиковое звуковое давление</b></p>	<p>ГОСТ Р 53188.1-2019: Наибольшее абсолютное значение мгновенного (отрицательного или положительного) звукового давления на заданном интервале времени.</p>
<p><b>Пиковый уровень звука</b></p>	<p>ГОСТ Р 53188.1-2019: Десять десятичных логарифмов отношения квадрата пикового скорректированного по частоте звукового давления к квадрату опорного значения 20 мкПа.</p>
<p><b>Средний по времени (эквивалентный) уровень звука</b></p>	<p>ГОСТ Р 53188.1-2019. Десять десятичных логарифмов отношения среднего по времени квадрата скорректированного по частоте звукового давления на заданном временном интервале к квадрату опорного значения. Средний по времени скорректированный по А уровень звука обозначают <math>L_{AT}</math> или <math>L_{Aeq}</math> и определяют формулой:</p> $L_{AT} = L_{AeqT} = 10 \lg \left\{ \frac{(1/T) \int_{t-T}^t p_A^2(\xi) d\xi}{p_0^2} \right\},$ <p>где <math>\xi</math> – переменная интегрирования по интервалу времени усреднения, который заканчивается в момент времени наблюдения <math>t</math>; <math>T</math> – временной интервал усреднения (для эквивалентного уровня за все время измерения <math>T=t</math>); <math>p_A(\xi)</math> – мгновенное скорректированное по А звуковое давление; <math>p_0</math> – опорное значение, равное 20 мкПа. Аналогично определяются скорректированные по АU, С, Z уровни звука и уровни звукового давления в октавных и третьоктавных полосах частот.</p> <p><b>Примечание:</b> Функция временной коррекции не используется в определении среднего по времени уровня звука.</p>
<p><b>Текущий средний по времени эквивалентный уровень звука <math>L_{p,1s}</math></b></p>	<p>В приборах <b>Октава-111</b>, <b>Экофизика-110А</b> – эквивалентный уровень звука за последнюю секунду. Частота обновления текущих средних по времени уровней звука на показывающем устройстве и в канале телеметрии составляет примерно 3 Гц.</p>
<p><b>Уровень звукового воздействия</b></p>	<p>Интеграл по времени от квадрата звукового давления за указанный интервал времени или событие заданной продолжительности. Скорректированное по А звуковое воздействие <math>E_{A,T}</math> вычисляют по формуле:</p> $E_{A,T} = \int_0^T p_A^2(t) dt,$ <p>где <math>p_A^2(t)</math> – квадрат мгновенного скорректированного по А звукового давления на интервале времени <math>T</math>.</p> <p><b>Примечание:</b> Для таких приложений, как измерение шума на рабочем месте, звуковое воздействие удобнее выразить в <math>Pa^2 \cdot s</math>, а не в <math>Pa^2</math>. Аналогично вычисляется звуковое воздействие для других частотных коррекций. Уровень звукового воздействия вычисляют по формулам:</p>

	$L_{AE,T} = 10 \lg \left[ \frac{\int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt}{p_0^2 T_0} \right] = 10 \lg \left( \frac{E_{A,T}}{E_0} \right) = L_{Aeq,T} + 10 \lg \left( \frac{T}{T_0} \right),$ <p>где <math>E_{A,T}</math> – скорректированное по А звуковое воздействие на интервале времени Т, Па<sup>2</sup>с;  <math>E_0</math> – опорное звуковое воздействие, равное <math>(20 \text{ мкПа})^2 \times (1 \text{ с}) = 400 \times 10^{-12} \text{ Па}^2\text{с}</math>;  Т – интервал времени измерения в секундах;  <math>T_0</math> – опорное время для измерения уровня звукового воздействия, равное 1 с.  <b>Примечание:</b> Средний по времени скорректированный по А уровень звука <math>L_{Aeq,T}</math> для интервала времени Т связан с соответствующим скорректированным по А уровнем звукового воздействия за этот интервал соотношением:</p> $E_A = (p_0^2 T)(10^{0,1L_{AeqT}}) \text{ или}$ $L_{AeqT} = 10 \lg \left[ \frac{E_A}{p_0^2 T} \right] = L_{AE,T} - 10 \lg \left( \frac{T}{T_0} \right)$
<b>Усреднение</b>	<p>Операция получения среднеквадратичного значения (уровня). Различают линейное и экспоненциальное усреднение. Линейное усреднение реализуют через непосредственное нахождение среднего от суммы квадратов величины на заданном интервале (см. «Средний по времени (эквивалентный) уровень звука»). Экспоненциальное усреднение реализуют с использованием временных коррекций (см. «Уровень звука с временной коррекцией»). Экспоненциальное усреднение позволяет получать приближенное среднеквадратичное значение на интервал «2 тау», где, «тау» – константа экспоненциального усреднения.</p>
<b>Усреднения время, время усреднения</b>	<p><b>Для линейного усреднения</b> – продолжительность интервала времени, на котором рассчитывается среднеквадратичное значение.  В случае экспоненциального усреднения (временной коррекции) результат представляет собой приближенное среднеквадратичное значение за время усреднения <math>2\tau</math>, где <math>\tau</math> – временная константа (0,125 с для временной коррекции F / «быстро», 1,0 с для временной коррекции S / «медленно»).</p>
<b>Шумомер</b>	<p>Устройство, обеспечивающее измерение уровня звука и (или) звукового воздействия и соответствующее стандарту (МЭК 61672-1, ГОСТ Р 53188.1 в РФ, ГОСТ 17187-2010 в ЕАЭС).</p>
<b>Шумы собственные, уровень собственных шумов</b>	<p><b>Для шумомеров:</b> уровни звука, которые отображались бы шумомером при нахождении в звуковом поле с низким уровнем, не вносящим существенного вклада в показания прибора. Уровнем собственных шумов (или электрических шумов) прибора также называют показания прибора при замене первичного преобразователя подходящим эквивалентом без сенсорной части. Для первичных преобразователей – уровень сигнала, который создает преобразователь при фактическом отсутствии полезного сигнала исследуемой величины.</p>
<b>Характеристика амплитудно-частотная, амплитудно-частотная характеристика (АЧХ)</b>	<p>Зависимость амплитуды выходного сигнала системы от частоты входного сигнала. На практике обычно под входным сигналом понимается сигнал синусоидального возбуждения заданного уровня. Нередко АЧХ или просто ЧХ называют также зависимость коэффициента преобразования устройства от частоты.</p>



<b>Характеристика фазовая частотная, фазовая характеристика</b>	Зависимость фазы выходного сигнала системы от частоты входного сигнала.
<b>Характеристика частотная относительная</b>	Зависимость отношения выходного сигнала системы к выходному сигналу на опорной частоте как функция частоты возбуждения. Под выходным сигналом может пониматься амплитуда, фаза, величина затухания, коэффициент преобразования и т. д.

**Приложение № 2.**

**Учет особенностей микрофонных капсюлей и принадлежностей при прямых измерениях звукового давления (УЗД)**

При измерениях уровней звукового давления в октавных (третьоктавных) полосах у некоторых пользователей возникают сложности с использованием формул для расчета величины УЗД  $L_{изм}(f)$  (результат измерения уровня звукового давления в 1/п-октавной полосе с центральной частотой  $f$ ) и учетом дополнительных погрешностей. В данном разделе постараемся подробнее описать процесс расчета величины УЗД с учетом дополнительных поправок, вносящих вклад в результат измерения, а также расчета погрешности измерения и стандартной неопределенности.

**I. Учет поправок на неравномерность частотных характеристик для микрофонных капсюлей и на применение дополнительных приспособлений**

Величина УЗД  $L_{изм}(f)$  в полосе частот с центральной частотой  $f$  рассчитывается по формуле:


$$L_{изм}(f) = L_{инд}(f) + \Delta L_{микр}(f) + \Delta L_{дон}(f) \quad (1),$$

где **1.**  $L_{инд}(f)$  – значение УЗД, отображаемое на индикаторном блоке (показания прибора).  
**2.**  $\Delta L_{микр}(f)$  – поправка для конкретного микрофонного капсюля для частоты  $f$ . Эта поправка на АЧХ указана в свидетельстве о первичной калибровке микрофонного капсюля или протоколе испытаний микрофонного капсюля. Такие протоколы, например оформляются при поверке в метрологической службе ООО «ПКФ Цифровые приборы».

Пример свидетельства о первичной калибровке микрофонного капсюля – на рисунке 1. В свидетельстве указываются **поправки** неравномерности частотных характеристик для конкретного микрофонного капсюля (рисунок 1):

**Рисунок 1.**

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО  
«ВИБРОПРИБОР»



СВИДЕТЕЛЬСТВО ПЕРВИЧНОЙ КАЛИБРОВКИ  
КАПСЮЛЯ МИКРОФОННОГО КОНДЕНСАТОРНОГО  
Тип ВМК – 205      № 22057 – 01 Госреестра  
Серийный № 6744


RU.C.36.002.A № 35732

- Уровень чувствительности по холостому ходу на частоте 250 Гц ... -26,2...дБ отн. 1В·Па<sup>-1</sup>;  
Чувствительность ...49,1.....мВ·Па<sup>-1</sup>
- Фактор коррекции (дБ отн. 50 мВ·Па<sup>-1</sup>).....0,2.....
- Максимальный измеряемый уровень звукового давления .....146..... дБ отн. 2·10<sup>7</sup>Па<sup>-1</sup> при коэффициенте нелинейных искажений < 3%
- Напряжение поляризации .....200.....В
- Нижний предел частоты (-3 дБ) ...0,8 – 0,1...Гц
- Коэффициент поправки на температуру в диапазоне от -10°С до +50°С ±0,03дБ·°С<sup>-1</sup>
- Коэффициент поправки на влажность в диапазоне от 30% до 98% при температуре +25 °С ±0,005дБ·%<sup>-1</sup>
- Коэффициент поправки на атмосферное давление в диапазоне 106 кПа ±10% ±0,03 дБ·кПа<sup>-1</sup>
- Габаритные размеры:
  - диаметр без сетки ...12,7...мм;
  - диаметр с сеткой .....13,2...мм;
  - высота ....16,3.....мм;
  - резьба для соединения преусилителя ...11,7...мм - 60 UNS -2В (0,423 мм);
- Условия испытаний:
  - температура .20,0.....°С;
  - атмосферное давление ...101,9..... кПа;
  - относительная влажность воздуха ....81..... %.

**Предупреждение:**

- Защитную сетку снимать только при необходимости, мембрану руками не трогать.
- Капсюль оберегать от ударов.
- Чистку изолятора проводить сухой или слегка смоченной спиртом мягкой кистью.
- Применять спирт этиловый ректификованный из пищевого сырья высшей очистки по ГОСТ Р 51652 – 2000.

Частота, Гц	Неравномерность частотных характеристик	
	по давлению, дБ относительно значения на частоте 250 Гц	по свободному полю, дБ относительно значения на частоте 250 Гц
20	0,0	0
25	0,0	0
31,5	0,0	0
40	0,0	0
50	0,0	0
63	0,0	0
80	0,0	0
100	0,0	0
125	0,0	0
160	0,0	0
200	0,0	0
250	0,0	0
315	0,0	0
400	0,0	0
500	-0,1	0
630	-0,2	0
800	-0,2	0
1000	-0,3	0,1
1250	-0,5	0
1600	-0,8	-0,1
2000	-1,2	-0,2
2500	-1,7	-0,2
3150	-2,4	-0,2
4000	-3,4	-0,1
5000	-4,8	-0,8
6300	-6,1	-0,3
8000	-7,0	1,2
10000	-8,0	0,5
12500		
16000		
20000		

Испытания проводил:  2017г.

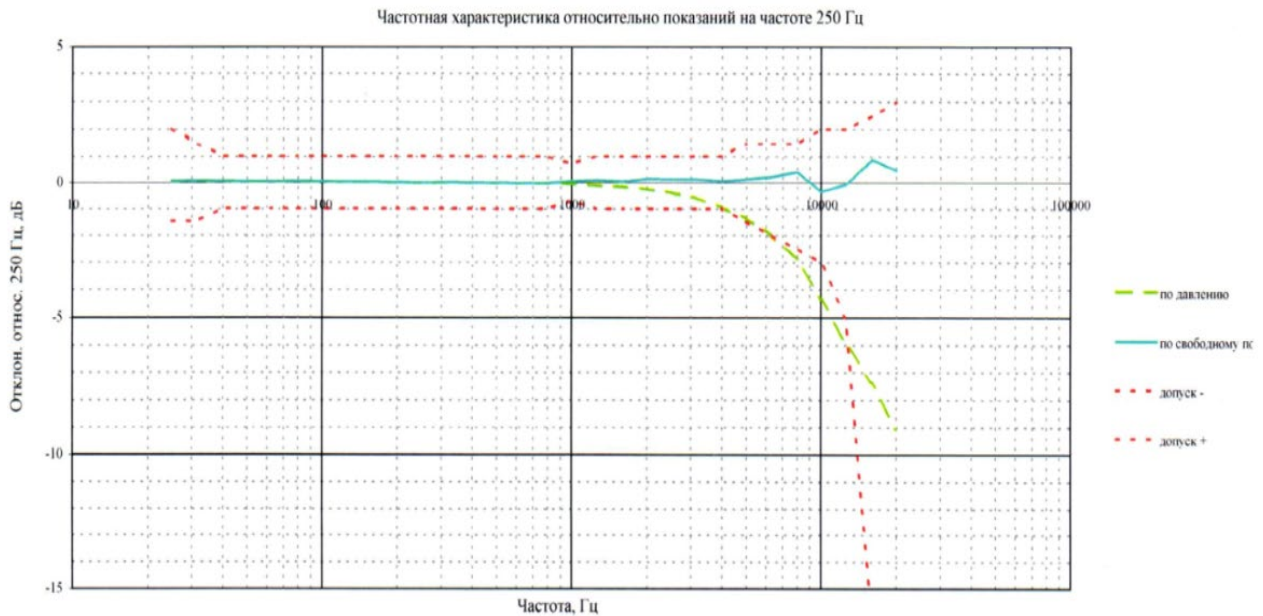
Наш адрес: 347000, Ростовская обл. г. Таганрог, Биржевой спуск, 8  
Тел. (8634)312036

Пример протокола испытаний микрофонных капсулей, оформляемых метрологической службой ООО «ПКФ Цифровые приборы» – на рисунке 2. В этом протоколе нужные поправки указаны в строке «по свободному полю, дБ» в таблице ниже.

Рисунок 2.

Протокол испытаний капсуля микрофонного

Тип: ВМК-205 Заводской номер: 4204  
 Дата испытаний: 10.11.21 15:30  
 Чувствительность капсуля на частоте 250 Гц: -26.71 дБ отн. 1 ВПа  
 Чувствительность капсуля на частоте 250 Гц: 46.18 мВПа



Частотная характеристика микрофонного капсуля (относительно значения на частоте 250 Гц) определена методом электростатического актюатора с использованием дифракционных поправок

Частота, Гц	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
по давлению, дБ	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
по своб. полю, дБ	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
допуск +, дБ	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
допуск -, дБ	-1.5	-1.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

Частота, Гц	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
по давлению, дБ	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.6	-1.0	-1.4	-2.0	-2.9	-4.3	-5.9	-7.3	-9.0
по своб. полю, дБ	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	-0.3	-0.1	0.9	0.5
допуск +, дБ	1.0	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	3.0
допуск -, дБ	-1.0	-0.7	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0	-5.0	-16.0	-20.0

Поправка  $\Delta L_{\text{микро}}(f)$  инфразвуковой области частот приводится в протоколах испытаний микрофонных капсулей в инфразвуковой области частот, в паспорте шумомера-анализатора спектра, сведениях о поверке (например: акт о проведении поверки – Рисунок 3) или в свидетельстве о поверке.

Рисунок 3.

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И (ИЛИ) ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ	
(заполняются при наличии соответствующих требований в нормативном документе по поверке)	
Калибровочное значение для ВМК-205 №2838	
K= +0,2 (S0=50 мВ/Па)	
Поправки в инфразвуковой области частот для ВМК-205 №2838	
2 Гц:	1,2 дБ
4 Гц:	0,4 дБ
8 Гц:	0,1 дБ
16 Гц:	0,0 дБ
Поверитель	(подпись) (инициалы, фамилия)
Метрологической службе ООО "ПКФ Цифровые приборы" приказом Федеральной службы по аккредитации № А-2321 от 30 июня 2014 предоставлено право поверки средств измерений. Аттестат аккредитации в области обеспечения единства измерений № РОСС RU.0001.310436.	
ООО "ПКФ Цифровые приборы" Москва, ул. Головинова, 9 тел/факс: (495) 225-55-01	

Для определения поправок  $\Delta L_{\text{микро}}(f)$  следует использовать наиболее актуальный из доступных документов.

Для актов, протоколов испытаний и свидетельств о поверке, оформленных в метрологической службе ООО «ПКФ Цифровые приборы», поправка – это отклонение чувствительности микрофонного капсуля от чувствительности на опорной частоте, выраженное в дБ. Если значение поправки в конкретной частотной полосе отрицательное (кривая на рис. 2 находится ниже оси в отрицательной области), т. е. с данным микрофоном «показания занижены», то величину этой поправки по модулю (без знака) необходимо прибавлять. Если значение поправки – положительное (кривая на рис. 2 находится выше оси в положительной области), т. е. с данными микрофоном «показания завышены», то величину этой поправки по модулю необходимо вычитать. Следует отметить, что в инфразвуковой области (до 16 Гц включительно) поправки АЧХ у микрофонных капсулей почти всегда отрицательные, а на оборотной стороне

свидетельства или акта о поверке (рисунок 3), выдаваемых сервисной службой ООО «ПКФ Цифровые приборы», они указываются без знака. Поправки из этого документа следует прибавлять при расчете величины  $L_{изм}(f)$ .

У каждого микрофонного капсюля поправки индивидуальные, но есть общие требования к максимальным отклонениям (предельные отклонения, или неравномерность АЧХ), в пределах которых должны находиться поправки для каждого типа микрофонных капсюлей. Предельные отклонения указываются в эксплуатационной документации на капсюль, например в паспорте или описании типа на микрофон.

Для примера в таблице 1 для некоторых типов микрофонных капсюлей приведены пределы допускаемого отклонения уровня чувствительности на холостом ходу по свободному полю при падении звуковой волны под углом  $0^\circ$  к главной оси капсюля от уровня чувствительности на частоте 250 Гц, дБ относительно 1 В/Па.

**Таблица 1.**

<b>МК-233</b>	
а) в диапазоне частот от 1,25 до 1,6 Гц включительно	от -6 до -1 дБ
б) в диапазоне частот свыше 1,6 до 3,15 Гц включительно	от -4 до 0 дБ
в) в диапазоне частот свыше 3,15 до 20 Гц включительно	$\pm 2,0$ дБ
г) в диапазоне частот свыше 20 до 4000 Гц включительно	$\pm 0,5$ дБ
д) в диапазоне частот свыше 4000 до 5000 Гц включительно	$\pm 0,75$ дБ
е) в диапазоне частот свыше 5000 до 6300 Гц включительно	$\pm 1,0$ дБ
ж) в диапазоне частот свыше 6300 до 8000 Гц включительно	$\pm 1,25$ дБ
з) в диапазоне частот свыше 8000 до 10 000 Гц включительно	$\pm 1,5$ дБ
и) в диапазоне частот свыше 10 000 до 12 500 Гц включительно	$\pm 1,75$ дБ
к) в диапазоне частот свыше 12 500 до 40 000 Гц включительно	$\pm 2,0$ дБ
<b>ВМК-205</b>	
а) в диапазоне частот от 1,6 до 20 Гц включительно	$\pm 2,0$ дБ
б) в диапазоне частот свыше 20 до 4000 Гц включительно	$\pm 0,8$ дБ
в) в диапазоне частот свыше 4000 до 20 000 Гц включительно	$\pm 2,0$ дБ
<b>М-201</b>	
а) в диапазоне частот от 1,6 до 20 Гц включительно	$\pm 2,0$ дБ
б) в диапазоне частот свыше 20 до 4000 Гц включительно	$\pm 0,8$ дБ
в) в диапазоне частот свыше 4000 до 20 000 Гц включительно	$\pm 2,0$ дБ
г) в диапазоне частот свыше 20 000 до 40 000 Гц включительно	$\pm 4,0$ дБ
<b>ВМК-201</b>	
а) в диапазоне частот от 1,6 до 20 Гц включительно	$\pm 2,0$ дБ
б) в диапазоне частот свыше 20 до 4000 Гц включительно	$\pm 0,8$ дБ
в) в диапазоне частот свыше 4000 до 20 000 Гц включительно	$\pm 2,0$ дБ
г) в диапазоне частот свыше 20 000 до 25 000 Гц включительно	$\pm 4,0$ дБ
д) в диапазоне частот свыше 25 000 до 40 000 Гц включительно	$\pm 4,5$ дБ

Предельные отклонения из описания типа – это не поправка  $\Delta L_{микроф}(f)$  на микрофон! Это максимально допустимое отклонение от 0,0 дБ для этой поправки для данного типа капсюля. Предельные отклонения не нужно прибавлять (или вычитать) к показаниям в формуле (1), а нужно учитывать в дополнительной погрешности (см. далее), если конкретные значения поправок неизвестны. Таким образом, при отсутствии сведений (утере или неведении) о поправке  $\Delta L_{микроф}(f)$  в формуле (1) эту поправку принимают равной

0,0 дБ, но при этом необходимо учитывать дополнительный вклад при оценке погрешности измерений.

3.  $\Delta L_{\text{доп}}(f)$  – поправка на дополнительные приспособления (специфические ветрозащиты, кабели, доп. приспособления для измерения шума и т.п.). Поправки на все дополнительные приспособления определяются эксплуатационной документацией конкретных используемых дополнительных приспособлений.

## II. Учет дополнительных вкладов при оценке погрешности прямого однократного измерения уровней звука или звукового давления

Учет дополнительных погрешностей при измерениях УЗД производится по формуле:

$$\Delta L = 20 \times \lg \left( 1 + \sqrt{\left(10^{\Delta_1/20} - 1\right)^2 + \sum \left(10^{\Delta_k/20} - 1\right)^2} \right), (2).$$

Здесь  $\Delta_1$  – модуль границы неисключенной систематической погрешности (НСП) измерения звука в соответствии с **Таблицей УЗ-2** МИ ПКФ-12-006,  $\Delta_k$  –  $k$ -я дополнительная погрешность в дБ.

Если поправки на АЧХ используемого микрофона и дополнительные приспособления не учитываются при расчете УЗД ( $L_{\text{изм}}(f)$ ), то в оценке погрешности измерений следует учитывать дополнительные погрешности по типовым предельным отклонениям для используемого типа микрофонов и дополнительных принадлежностей. Значения дополнительных погрешностей, обусловленных незнанием поправок  $\Delta L_{\text{микроф}}(f)$  для данного микрофона, в этом случае выбираются равными максимальной неравномерности АЧХ в рассматриваемом диапазоне частот (таблица 1, столбец 2).

Для ветрозащит W2 при измерениях уровня звука дополнительная погрешность составляет  $\pm 0,2$  дБ, а при измерениях уровней звукового давления она приведена в **Таблицах УЗД-W-1/1** и **УЗД-W-1/3** главы 5 МИ ПКФ-12-006.

### Рассмотрим пример

Необходимо измерить уровень звукового давления в октавной полосе со среднегеометрической частотой 4 кГц. Для измерений используется шумомер-анализатор спектра Экофизика-110А с микрофонным капсулем ВМК-205. При измерениях используется дополнительное приспособление – ветрозащита W2. Температура в момент измерения составляет 24°C, а относительная влажность – 35%. Согласно таблице УЗД-W-1/1 дополнительная погрешность измерения в данной октавной полосе при использовании ветрозащиты составляет  $\pm 0,2$  дБ. Согласно таблице УЗ-ДП-2 дополнительные погрешности, связанные с условиями измерений, составляют  $\pm 0,15$  дБ и  $\pm 0,1$  дБ соответственно.

Рассмотрим два варианта выполнения измерений и получения результата.

Предположим, что показания, снятые с индикатора прибора – 60,0 дБ.

#### 1. Данные о поправках на АЧХ микрофона отсутствуют

При отсутствии информации о поправках на АЧХ микрофонного капсуля (например при утере протоколов испытаний) следует ориентироваться на предельные отклонения микрофона из его эксплуатационной документации. По таблице 1 определяют, что в

октавной полосе 4 кГц предельное отклонение составляет  $\pm 0,8$  дБ. Формула для расчета УЗД выглядит следующим образом:

$$L_{изм}(f) = L_{изм}(f) + \Delta L_{микр}(f) + \Delta L_{доп}(f)$$

здесь

- $\Delta L_{микр}(f) = 0,0$  дБ (поскольку величина поправки неизвестна),
- $\Delta L_{доп}(f) = 0,0$  дБ (поскольку при применении ветрозащита W2 поправки к результату измерений не вносятся).

Следовательно:  $L_{изм}(f) = 60,0 + 0,0 + 0,0 = 60,0$  дБ.

Далее необходимо оценить погрешность измерения (НСП).

$$\Delta L = 20 \times \lg \left( 1 + \sqrt{\left(10^{\Delta_1/20} - 1\right)^2 + \sum \left(10^{\Delta_k/20} - 1\right)^2} \right)$$

Здесь  $\Delta_1 = 0,7$  дБ (НСП измерения звука в соответствии с **Таблицей УЗ-2** МИ ПКФ-12-006, в зависимости от типа используемого оборудования),  $\Delta_{k1} = 0,8$  дБ (максимальная неравномерность АЧХ микрофонного капсюля для частоты 4 кГц),  $\Delta_{k2} = 0,2$  дБ (вклад, обусловленный наличием ветрозащиты),  $\Delta_{k3} = 0,15$  дБ (вклад, обусловленный влиянием температуры),  $\Delta_{k4} = 0,1$  дБ (вклад, обусловленный влиянием относительной влажности).

$$\Delta L = 20 \times \lg \left( 1 + \sqrt{\left(10^{\frac{0,7}{20}} - 1\right)^2 + \left(10^{\frac{0,8}{20}} - 1\right)^2 + \left(10^{\frac{0,2}{20}} - 1\right)^2 + \left(10^{\frac{0,15}{20}} - 1\right)^2 + \left(10^{\frac{0,1}{20}} - 1\right)^2} \right) = 1,07 \text{ дБ}$$

и стандартная неопределенность измерения:  $u_B = \frac{\Theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}} = \frac{\Delta L}{\sqrt{3}} = 0,62$  дБ.

## 2. Данные о поправках на АЧХ микрофона имеются

В этом случае смотрим в таблицу протокола испытаний микрофонного капсюля. Предположим, что мы имеем только свидетельство о первичной калибровке, предоставленное изготовителем микрофонного капсюля (рисунок 1). Из таблицы видим, что в октавной полосе 4 кГц неравномерность частотных характеристик по свободному полю составляет минус 0,2 дБ (т. е. в октавной полосе 4 кГц показания «занижены» на величину этой поправки, и ее величину по модулю необходимо прибавить к снятому с индикатора значению). Формула для расчета УЗД выглядит следующим образом:

$L_{изм}(f) = L_{инд}(f) + \Delta L_{микр}(f) + \Delta L_{доп}(f)$ , здесь  $\Delta L_{микр}(f) = 0,2$  дБ,  $\Delta L_{доп}(f) = 0$  дБ. Следовательно:  $L_{изм}(f) = 60 + 0,2 + 0 = 60,2$  дБ.

Далее необходимо учесть погрешность измерения.

$$\Delta L = 20 \times \lg \left( 1 + \sqrt{\left(10^{\Delta_1/20} - 1\right)^2 + \sum \left(10^{\Delta_k/20} - 1\right)^2} \right),$$

здесь  $\Delta_1 = 0,7$  дБ (модуль погрешности измерения звука в соответствии с **Таблицей УЗ-1** МИ ПКФ-12-006, в зависимости от типа используемого оборудования),  $\Delta_{k1} = 0,2$  дБ

(модуль погрешности измерения обусловленной наличием ветрозащиты). Поскольку поправка на микрофон известна и учтена в формуле расчета УЗД,  $\Delta_{k2} = 0$  (микрофонная поправка известна, вклад в погрешность измерений нет),  $\Delta_{k3} = 0,2$  дБ (вклад, обусловленный наличием ветрозащиты),  $\Delta_{k4} = 0,15$  дБ (вклад, обусловленный влиянием температуры),  $\Delta_{k5} = 0,1$  дБ (вклад, обусловленный влиянием относительной влажности).

$$\Delta L = 20 \times \lg \left( 1 + \sqrt{\left(10^{\frac{0,7}{20}} - 1\right)^2 + \left(10^{\frac{0,2}{20}} - 1\right)^2 + \left(10^{\frac{0,15}{20}} - 1\right)^2 + \left(10^{\frac{0,1}{20}} - 1\right)^2} \right) = 0,75 \text{ дБ}$$

и стандартная неопределенность измерения:  $u_B = \frac{\Delta L}{\sqrt{3}} = 0,43$  дБ.

Из рассмотренного примера видно, что неопределенность измерения при учете поправок на микрофонный капсюль меньше, чем в случае их игнорирования.

### **Дополнение № 1.**

#### **О приборах Октава-110А (ЭКО), Октава-110В (ЭКО), Экофизика**

Настоящая методика измерений применима также для следующих приборов: **Октава-110А (ЭКО), Октава-110В (ЭКО), Экофизика**. При определении режимов, диапазонов и погрешностей измерений вышеуказанными приборами надлежит руководствоваться следующей таблицей соответствия.

<b>Прибор</b>	<b>Номер РЭ</b>	<b>Соответствующий прибор в МИ ПКФ-12-006</b>	<b>Номер РЭ</b>
Экофизика	ПКДУ.411000.001РЭ (ПКДУ.411000.002РЭ, АВНР.411171.007РЭ)	Экофизика-110А, исполнение НФ	ПКДУ.411000.001.02РЭ
Октава-110А (комплектация ЭКО)	ПКДУ.411000.002.01РЭ	Экофизика-110А, исполнение 110А	ПКДУ.411000.001.02РЭ
Октава-110В (комплектация ЭКО)	ПКДУ.411000.003.01РЭ	Экофизика-110В	ПКДУ.411000.001.03РЭ



**Однократное измерение виброускорения  
приборами Экофизика, Экофизика-110А,  
Экофизика-110В, Экофизика-111В  
с использованием акселерометров типа 1V**

**МИ ПКФ-23-080  
Методика измерений**

Аттестована

Метрологической службой

---

ООО «ПКФ Цифровые приборы»

---

Регистрационный номер в информационном  
фонде по обеспечению единства измерений

---

ФР.1.36.2023.46064

---

## СВЕДЕНИЯ О РАЗРАБОТКЕ

Разработана: Общество с ограниченной ответственностью  
Научно-производственная фирма «ЭлектронДизайн»

---

*полное наименование организации-разработчика*

129327, г. Москва, ул. Менжинского, д. 23, корп. 2, кв. 423 тел/факс. (495) 225-55-01

---

*почтовый адрес организации-разработчика*

Руководитель организации-разработчика Вишняков Александр Николаевич

---

*Фамилия, имя, отчество*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АТТЕСТАЦИИ

Аттестована: Метрологической службой ООО «ПКФ Цифровые приборы»

---

*наименование юридического лица, аттестовавшего методику измерений*

Аттестат аккредитации юридического лица  
или индивидуального предпринимателя,  
аттестовавшего методику (метод) измерений

№ 01.00279-2013 от 11.12.2013 г.

---

*номер и дата выдачи аттестата*

Свидетельство  
об аттестации методики измерений

№ 077-01.00279-2023 от 02.06.2023 г.

---

*номер и дата оформления свидетельства*

129281, г. Москва, ул. Енисейская, д. 24, кв. 150

тел/факс. (495) 225-55-01

---

*почтовый адрес юридического лица  
или индивидуального предпринимателя,  
аттестовавшего методику (метод) измерений*

Руководитель юридического лица  
или индивидуального предпринимателя,  
аттестовавшего методику (метод) измерений

Куриленко Юрий Владимирович

---

*Фамилия, имя, отчество*

## 1) Назначение и область применения

Настоящий документ разработан в соответствии с ГОСТ Р 8.563, ГОСТ 34100.1-2017/ISO/IEC Guide 98-1:2009, ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008, РМГ 91-2019.

Настоящий документ устанавливает методику измерений скорректированного виброускорения и виброускорения в октавных и 1/3-октавных полосах частот с использованием акселерометров типа 1V (регистрационный № 81334-21) и шумомеров-виброметров, анализаторов спектра Экофизика, Экофизика-110А, виброметров-анализаторов спектра Экофизика-110В и Экофизика-111В.

Методика применима для оценки скорректированных значений (уровней) виброускорения общей и локальной вибрации, а также октавных и 1/3-октавных спектров виброускорения в диапазоне частот наборов фильтров полосовых октавных и на долю октавы приборов Экофизика-110А, Экофизика-110В, Экофизика-111В при выполнении работ по охране труда, производственном контроле, оценке воздействия вибрации на человека на рабочем месте, в производственных помещениях, в помещении жилых и общественных зданий, на транспорте, при инженерных изысканиях, измерении вибрационных характеристик машин, при аттестации выделенных помещений.

## 2) Диапазоны измерений

Диапазоны измерения виброускорения, в которых обеспечивается соблюдение показателей точности п. 3 представлены в таблицах 1, 2, 3 и 4.

**Таблица 1.** Диапазоны измерения скорректированного виброускорения в дБ отн. 1 мкм/с<sup>2</sup> при подключении вибропреобразователя к ИИБ Экофизика-110В, Экофизика-111В и входам X, Y, Z ИИБ Экофизика-110А, Экофизика

Вибропреобразователь Частотная коррекция	1V151НС-100, 1V102НВ-100, 1V102ТВ-100	1V151НС-10, 1V102НВ-10, 1V102ТВ-10	1V101НВ-100, 1V154НС-100	1V401НС-500
	Wk	60–165	80–185	51–165
Wd	60–165	80–185	54–165	36–151
Wm	58–165	78–185	53–165	36–151
Wh	66–165	86–185	–	–
Fk	65–165	85–185	–	–
Fh	75–165	95–185	–	–

**Таблица 2.** Диапазоны измерения корректированного виброускорения в дБ отн. 1 мкм/с<sup>2</sup> при подключении вибропреобразователя ко входу МІС/А\* ИИБ Экофизика-110А, Экофизика

Частотная коррекция \ Вибропреобразователь	Вибропреобразователь			
	1V151НС-100, 1V102НВ-100, 1V102ТВ-100	1V151НС-10, 1V102НВ-10, 1V102ТВ-10	1V101НВ-100, 1V154НС-100	1V401НС-500
Wk	60–174	80–194	51–174	36–161
Wd	60–174	80–194	54–174	36–161
Wm	58–174	78–194	53–174	36–161
Wh	66–174	86–194	–	–
Fk	65–174	85–194	–	–
Fh	75–174	95–194	–	–

\* Только для конфигураций с переключаемым коэффициентом усиления (управлением поддиапазоном) для входа А.

**Таблица 3.** Диапазоны измерения уровней виброускорения в дБ отн. 1 мкм/с<sup>2</sup> в октавных и 1/3-октавных полосах частот при подключении вибропреобразователя к ИИБ Экофизика-110В, Экофизика-111В и входам X, Y, Z ИИБ Экофизика-110А, Экофизика

Частотная коррекция \ Вибропреобразователь	1V151 НС-100, 1V102 НВ-100, 1V102 ТВ-100,	1V151 НС-10, 1V102 НВ-10, 1V102 ТВ-10	1V101 НВ-100, 1V154 НС-100	1V401 НС-500	1V104 НА-100	1V103 ТВ-100	1V103 ТВ-10	
	0,8–1,25 Гц	60–164	80–184	42–164	30–151			
1,6–2,5 Гц	41–164							
3,15–20 Гц	50–164							
25–1250 Гц								
1600–4000 Гц								
4–10 кГц								
8–315 Гц					66–164	62–164	63–184	
400–800 Гц					69–164	62–164	63–184	
1000–2500 Гц					69–164	63–164	68–184	
3150–8000 Гц					69–164	65–164	73–184	

**Таблица 4.** Диапазоны измерения уровней виброускорения в дБ отн. 1 мкм/с<sup>2</sup> в октавных и 1/3-октавных полосах частот при подключении вибропреобразователя ко входу МС/А ИИБ Экофизика-110А, Экофизика

Вибропреобразователь Частотная коррекция	1V151 НС-100, 1V102 НВ-100, 1V102 ТВ-100,	1V151 НС-10, 1V102 НВ-10, 1V102 ТВ-10	1V101 НВ-100, 1V154 НС-100	1V401 НС-500	1V104 НА-100	1V103 ТВ-100	1V103 ТВ-10
	0,8–1,25 Гц	52–174	72–194	44–174	30–161		
1,6–2,5 Гц	54–174	74–194	42–174				
3,15–20 Гц	56–174	76–194	36–174				
25–1250 Гц			37–174				
1600–4000 Гц							
4–10 кГц							
8–315 Гц					66–174	62–174	63–194
400–800 Гц					69–174	62–174	63–194
1000–2500 Гц					69–174	63–174	68–194
3150–8000 Гц					69–164	65–174	73–194

**Примечания.** 1) Указанные в таблицах 1–4 пределы диапазонов измерений соответствуют максимальным и минимальным уровням вибрации, которые виброметр измеряет в соответствии с требованиями ГОСТ ИСО 8041. Специализированные методики измерений могут позволять производить оценку уровней виброускорения ниже минимального предела благодаря учету собственных шумов или фона, либо посредством перехода от двустороннего к одностороннему интервалу неопределенности. 2) Нижний предел диапазона измерений скорректированного ускорения для конкретного датчика может отличаться из-за технологического разброса собственных шумов. В том случае, если собственные шумы акселерометра известны, для измерения уровней вибрации, отличающихся от нижней границы диапазона измерений меньше чем на 5 дБ, верхнюю границу интервала неопределенности измерений принимают равной уровню собственных шумов акселерометра плюс 2 дБ.

### 3) Характеристики и точности измерений

Точность однократных измерений по данной МИ характеризуется границами неисключенной систематической погрешности в относительном выражении (далее – «относительной погрешностью»).

Относительная погрешность однократного измерения скорректированного уровня виброускорения в диапазонах, указанных в таблицах 1 и 2, не превышает:

- Для синусоидальной вибрации опорной частоты (16 Гц для общей вибрации; 80 Гц – для локальной вибрации):

$\pm 0,3$  дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений);

$\pm 0,6$  дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).

- Для безударной вибрации:

$\pm 1,0$  дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений);

$\pm 1,2$  дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений);

$\pm 2,0$  дБ (для вибраций с ярко выраженным преобладанием низкочастотных или высокочастотных составляющих: 0,5–1,25 Гц / 63–125 Гц для общей вибрации и 6,3–8 Гц / 1000–1600 Гц для локальной вибрации).

- Для ударной вибрации:  $\pm 1,0$  дБ.

Относительная погрешность измерения уровней виброускорения в октавных и 1/3-октавных полосах частот в диапазонах, указанных в таблицах 3 и 4:

- Для синусоидальной вибрации:

$\pm 0,3$  дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений);

$\pm 1,0$  дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).

- Для широкополосной вибрации:

$\pm 1,0$  дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений);

$\pm 1,2$  дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).

- Для ударной вибрации:  $\pm 1,0$  дБ.

Приведенные в этом разделе показатели точности могут быть использованы лабораториями для оценки инструментальной составляющей неопределенности измерений в соответствии с п.1 МИ ПКФ-12-006.

### 4) Нормативные ссылки

В настоящей методике измерений использованы ссылки на следующие нормативные документы.

1. ГОСТ Р 8.563 «Методики выполнения измерений».
2. ГОСТ 34100.1-2017/ISO/IEC Guide 98-1:2009 Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения.

3. ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения.
4. РМГ 91-2019 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Использование понятий "погрешность измерения" и "неопределенность измерений". Общие принципы.
5. ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.
6. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».
7. ГОСТ 24346 «Вибрация. Термины и определения».
8. ГОСТ Р 70024.1-2022. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Фильтры полосовые октавные и на доли октавы. Часть 1. Технические требования.
9. ГОСТ Р 59701.1-2022 (ИСО 8041-1:2017) Вибрация. Средства измерений общей и локальной вибрации. Часть 1. Виброметры общего назначения.
10. МИ ПКФ-12-006. Методика измерений. Однократные прямые измерения уровней звука, звукового давления и вибрации приборами серий Октава и Экофизика.

#### **5) Термины и определения**

Настоящая МИ использует термины и определения, принятые в **ГОСТ Р 8.563, ГОСТ 34100.1, ГОСТ 8.736, ГОСТ 24346, ГОСТ Р 70024.1, ГОСТ Р 59701.1.**

#### **6) Средства измерений, вспомогательные средства и устройства**

При выполнении измерений применяют следующие средства измерений, вспомогательные средства и устройства.

**Таблица 5. Применяемые средства измерения, вспомогательные средства и устройства**

Наименование средств измерений и вспомогательных устройств	Обозначение и наименование документов, в соответствии с которыми выпускают средства измерений, вспомогательные устройства	Метрологические и технические характеристики
Измеритель акустический многофункциональный <b>Экофизика</b>	ТУ 4301-007-98301696-09, описание типа СИ №41175-09	Частотные коррекции, временные характеристики, линейность при испытаниях электрическим методом по ГОСТ Р 59701.1 (ИСО 8041, ИСО 8041.1). Фильтры полосовые октавные и 1/3-октавные класса 1 по ГОСТ Р 70024.1 (МЭК 61260, МЭК 61260-1). Частотный диапазон анализа в реальном времени: 1 Гц–10 кГц (не хуже). Подключение преобразователей: ICP/IEPE
Шумомер-вибромметр, анализатор спектра <b>Экофизика-110А</b>	ПКДУ.411000.001.02ТУ, описание типа СИ №48906-12	
Вибромметр, анализатор спектра <b>Экофизика-110В/111В</b>	ПКДУ.411000.001.03ТУ, ПКДУ.411000.003ТУ, описание типа СИ №48433-11, 66279-16	
Вибропреобразователь 1V151НС-100, -10 1V154НС-100 1V102НВ-100, -10 1V102ТВ-500, -100, -10 1V101НВ-100 1V401НС-500 1V104НА-100 1V103ТВ-100, -10	ГТБВ.402159РЭ описание типа СИ № 81334-21	Таблица 2, таблица 3 описания типа № 81334-21
Устройство воспроизведения вибрации (виброкалибратор) <b>КВ-160</b> <sup>1)</sup>	ПКДУ.411100.001.025ТУ описание типа СИ № 66280-16	Частота колебаний: 159,2 Гц ( $\pm 0,5\%$ ) Ускорение (СКЗ): 1 или 10 м/с <sup>2</sup> ( $\pm 2\%$ ) Нелинейные искажения: <3% Макс. масса калибруемого Вибропреобразователя: 300 г (для КВ-160-1), 180 г (КВ-160-10)
Программное обеспечение <b>Signal+3G RTA</b> или <b>Signal+Ultima</b>	Инструкция пользователя ПКДУ.411100.001.018	Возможность обработки сигналов виброускорения – децимации, наложении фильтров верхних частот (ФВЧ), интегрирования

Возможна замена СИ на иной вибрационный калибратор или устройство проверки измерительного тракта, рекомендованные производителем виброметра; **не рекомендуется** использовать виброкалибраторы с частотой сигнала, отличающейся от 159–160 Гц, а также виброкалибраторы с горизонтальным ходом.

### 7) Требования к квалификации персонала

К выполнению измерений по данной методике допускаются лица, прошедшие подготовку и имеющие допуск к работе с фактически используемыми средствами измерения п. 6.

### 8) Требования к безопасности

При выполнении измерений соблюдают установленные требования безопасности при эксплуатации используемых СИ. Кроме того, следует исполнять все нормы и требования техники безопасности, предусмотренные на объектах строительства и при работе с промышленным оборудованием.



## 9) Метод измерений

Метод измерений основан на преобразовании электрического сигнала, поступающего на вход измерительно-индикаторного блока прибора с выхода вибропреобразователя, установленного на вибрирующей поверхности, с последующим цифровым преобразованием, фильтрацией и определением среднеквадратичных и пиковых значений сигнала.

## 10) Требования к условиям измерений

- 10.1. Температура окружающей среды при измерениях должна быть в пределах от  $-10$  до  $+40$  °С. Допускается проведение измерений при размещении измерительно-индикаторного блока анализатора спектра в зоне с температурой от  $-10$  до  $+40$  °С и размещением акселерометра в зоне с температурой от  $-20$  до  $+55$  °С. Контроль температуры проводится согласно руководству по эксплуатации на СИ измерения температуры.
- 10.2. Относительная влажность воздуха (без конденсации) не должна превышать 90 %. Контроль относительной влажности воздуха проводится согласно руководству по эксплуатации на СИ измерения относительной влажности. Результаты контроля относительной влажности вносятся в рабочий журнал. Измерения на улице не проводят во время осадков.
- 10.3. Температура поверхности, на которую устанавливается вибропреобразователь, не должна превышать  $+90$  °С.

## 11) Подготовка к выполнению измерений. Выбор первичного преобразователя

Типовая схема подключения вибродатчиков к приборам серии **Экофизика** рассчитана на применение пьезоакселерометров со встроенной электроникой типа IEPЕ (ICP). Эти датчики не имеют многих недостатков, свойственных классическим пьезоакселерометрам.

Пьезоакселерометры обладают уникальными преимуществами по сравнению с иными типами датчиков вибрации: широчайший динамический диапазон (до 180 дБ!), большой частотный диапазон при малых размерах и весе.

Основной недостаток классического (пассивного) пьезоакселерометра – очень большое электрическое сопротивление. Из-за этого возникает необходимость использовать специальные схемы усиления и согласования сигнала, дорогостоящие антивибрационные кабели. Замена кабеля в такой системе может привести к изменению чувствительности всего измерительного тракта.

Если кабель пассивного пьезоакселерометра дрожит или изгибается, то на выходе мы увидим паразитные сигналы, вызванные трибоэлектричеством (возникновение электрических зарядов вследствие трения). Поэтому кабели таких датчиков положено фиксировать через каждые 15–20 см, что затруднительно при оперативных измерениях.

Вибропреобразователи серии 1V (**1V151HC, 1V154HC, 1V101HB, 1V102HB, 1V401HS и др.**) не имеют описанных недостатков. Они относятся к типу IEPЕ (ICP). Внутри датчика находится электрическая схема усиления, поэтому их еще называют «датчиками со встроенной электроникой».

Датчики со встроенной электроникой работают успешно, если температура поверхности не очень высокая (обычно до 100°С).

Датчики вибрации, применяемые с прибором, могут быть **1-компонентными** (например, **1V101HB, 1V102HB, 1V104HA, 1V401HS**) или **3-компонентными** (например, **1V151HC, 1V154HC**).

Однокомпонентный датчик позволяет измерить только одну компоненту вибрации в направлении оси чувствительности (ось чувствительности такого датчика ортогональна плоскости основания). Если необходимо измерить все три компоненты вибрации, то нужно последовательно переставлять датчик, ориентируя его во взаимно перпендикулярных направлениях.

Трехкомпонентный датчик содержит три взаимно перпендикулярных чувствительных элемента и одновременно измеряет все три составляющих виброускорения. Направления осей чувствительности вибропреобразователя указаны на маркировке на корпусе датчика. При установке на объект трехкомпонентный датчик нужно ориентировать так, чтобы направления осей чувствительности **X**, **Y**, **Z** совпадали с интересующими направлениями вибрации. Рекомендации по выбору вибропреобразователя в зависимости от требуемого диапазона частот даны в Таблице 7.

**Таблица 7.** Рекомендации по выбору ВП в зависимости от требуемого диапазона частот

Модель	Нижняя частота (для неравномерности АЧХ $\pm 1$ дБ), Гц	Верхняя рекомендуемая частота ( $f_{рез}/5$ ), Гц *	Резонансная частота, Гц
1V102НВ-100, 1V102НВ-10, 1V102ТВ-100, 1V102ТВ-10	0,5	10 000	>50 000
1V103ТВ-100, 1V103ТВ-10	2	12 000	>60 000
1V104НА-100	2	12 000	>60 000
1V101НВ-100	0,5	4800	>24 000
1V401НС-500	0,1	1800	>9000
1V151НС-100	0,5	9000	>45 000
1V151НС-10	0,5	9000	>45 000
1V154НС-100	0,5	4000	>20 000

Рекомендации по выбору вибропреобразователя для различных случаев измерения общей и локальной вибрации даны в Таблице 8.

**Таблица 8.** Рекомендации по выбору вибропреобразователя для разных приложений

Тип вибрации Датчик	Транспортная и транспортно-технологическая вибрация (сиденья)	Вибрация на полу	Локальная вибрация (умеренная: рычаги управления, рулевое управление, неударный инструмент)	Сильная локальная вибрация (ударный инструмент, шлифовальные машины, заточные станки и т. п.)
<b>1V151НС-100</b> (100 мВ/г), трехкомпонентный	Оптимально. Адаптер: <b>003РД</b>	Производственные и коммунальные вибрации (исключая очень слабые). Адаптер: <b>003ОП, 004ОП</b>	Допускается использование. Адаптеры: <b>002КР, 022КБ</b>	Не рекомендуется
<b>1V151НС-10</b> (10 мВ/г), трехкомпонентный	Оптимально. Адаптер: <b>003РД</b>	Сильные вибрации выше 10 мм/с <sup>2</sup> . Адаптер: <b>003ОП, 004ОП</b>	Допускается использование. Адаптеры: <b>002КР, 022КБ</b>	Допускается использование. Адаптеры: <b>002КР, 022КБ</b>
<b>1V102НВ-10, 1V102ТВ-10</b> (10 мВ/г), 1-компонентный	Не рекомендуется	Производственные вибрации. Может использоваться для измерений вибрации порядка 10 мм/с <sup>2</sup> . Адаптер: <b>004ОП</b>	Только для ориентировочных измерений	Не рекомендуется
<b>1V102НВ-100, 1V102ТВ-100, 1V102ТВ-500</b> (100 мВ/г), (500 мВ/г), 1-компонентный		Производственные и коммунальные вибрации. Может использоваться для измерений вибрации порядка 1 мм/с <sup>2</sup> . Адаптер: <b>004ОП</b>		
<b>1V101НВ-100</b> (100 мВ/г), 1-компонентный, <b>1V154НС-100</b> (100 мВ/г), 3-компонентный	–	Коммунальная вибрация. Слабые вибрации строительных и инженерных конструкций. Адаптер <b>004ОП</b>	–	–
<b>1V401НС-500</b> (500 мВ/г), 1-компонентный	–	Сверхслабые низкочастотные вибрации строительных, инженерных конструкций и др.	–	–

Акселерометры **1V104HA-100, 1V103TB-100, 1V103TB-10** имеют малые размеры и массу, в связи с чем они оптимальны для измерений вибрации легких объектов массой от нескольких десятков граммов и/или измерений вибрации в звуковом диапазоне частот.

## 12) Порядок выполнения измерений

12.1. Подсоединить вибропреобразователь к измерительно-индикаторному блоку в соответствии со схемами подключения в руководстве по эксплуатации.

12.2. Перед проведением измерений рекомендуется проверить калибровку виброметра с помощью портативного виброкалибратора или вибрационного стенда в соответствии с руководством по эксплуатации. Рекомендуется использовать портативные устройства, допускающие установку 3-компонентных вибропреобразователей без дополнительных переходных элементов и не накладывающие строгих ограничений на ориентацию оси возбуждения вибрации.

Рекомендуемые модели портативных виброкалибраторов: KB-160, AT01, AT01m, 394C06. **Вибрационный калибратор ВК 16/160 не следует применять для выполнения калибровки и (или) проверки калибровки вибрационных трактов приборов Экофизика, Экофизика-110А, Экофизика-110В, Экофизика-111В.**

Проверку калибровки предпочтительно осуществлять в том же режиме, в котором будут производиться измерения. Если в этом режиме прибор позволяет осуществлять частотный анализ спектра, то проверку калибровки выполняют, сравнивая показания виброметра в соответствующем 1/3-октавном (или октавном) фильтре с уровнем калибровочного сигнала.

При подаче калибровочного сигнала опорной частоты (80 Гц для локальной вибрации и 16 Гц для общей вибрации) показания виброметра должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах:

- для уровней общей вибрации с коррекцией  $F_k, F_m: \pm 0,3$  дБ;
- для уровней локальной вибрации с коррекцией  $F_h: \pm 0,3$  дБ.

При подаче калибровочного сигнала частоты 159 Гц показания виброметра в 1/3-октаве 160 Гц должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах:  $\pm 0,4$  дБ.

Если проверка калибровки не проводится, следует провести опробование виброметра:

- проверить отсутствие механических повреждений кабеля, вибропреобразователя и прибора;
- проверить соответствие внутренних настроек прибора паспортным данным и результатам последней поверки;
- убедиться, что виброметр реагирует на вибрацию, а при отсутствии вибрации (в состоянии покоя) обеспечивает показания, близкие к типичным для данной лаборатории фоновым уровням.

12.3. Установить вибропреобразователь на вибрирующую поверхность

Обычно вибропреобразователь устанавливается на вибрирующую поверхность с использованием переходных элементов, адаптеров (см. таблицу 9).

Таблица 9. Рекомендуемые способы установки вибропреобразователей

Переходной элемент	Обозначение	Описание
	003ОП 004ОП	Платформа напольная для измерений вибрации на полу <sup>5</sup> (применяется для измерений общей вибрации). Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки
	002ОТ	Платформа-диск для измерений вибрации 3-компонентным датчиком на жестком и плоском сиденье. Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки
	001ОТ	Кубик для установки однокомпонентного датчика с различной ориентацией на платформу 002ОТ (см. выше)
	003РД	Полужесткий диск для установки 3-компонентного датчика АР2082М (003РД) или АР2038Р. Применяется для измерений вибрации на любых сиденьях
	002КР	Адаптер кисти руки (одно положение установки 3-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента
	001КР 001КРН	Адаптер кисти руки (три положения установки 1-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента
	022КР	Адаптер рукоятки для измерений. Зажимается между ладонью и рукояткой вибрирующего инструмента
	022КБ	Адаптер для установки вибродатчика на трубчатую поверхность (рукоятки, рулевое управление и пр.)

Переходной элемент	Обозначение	Описание
	АМ-01-ОКТ	Магнит для крепления датчика к металлическим магнитным поверхностям. Датчик крепится к магниту с помощью шпильки
	ММ-01-ОКТ	Площадка для клеевого крепления к поверхности. Датчик крепится к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348
	МП-03-ОКТ	Многопозиционная площадка для клеевого крепления к поверхности. Датчики крепятся к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348
	АW-01	Восковая мастика для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц

<sup>5</sup> Для этой же цели можно использовать металлический лист 50x50 мм, к которому датчик крепится с помощью резьбовой шпильки (оптимальный вариант) либо магнита или мастики – см. **ГОСТ 31191.2**.

Основание датчика должно плотно прилегать к вибрирующей поверхности.

При креплении на шпильке следует убедиться, что между основанием датчика и вибрирующей поверхностью отсутствуют зазоры. Не допускается крепление датчика к неплоским поверхностям, а также к поверхностям, содержащим заусенцы и грязь и т. п.

При измерении высокочастотных вибраций (выше 3–5 кГц) следует использовать только резьбовое крепление на шпильках или винтах, либо клеевое крепление с использованием специальных акриловых клеев (последнее сокращает срок службы датчика).

Крепление на магните может использоваться только для измерений не выше 3–5 кГц.

При установке нескольких ВП на общую проводящую поверхность могут возникать электрические помехи, которые особенно сильно проявляются на частоте 50 Гц.

Для устранения или уменьшения влияния электрической помехи следует:

- крепить ВП посредством изолирующей шпильки (не входит в типовой комплект, запрашивается дополнительно у изготовителя);
- проводить измерения одним датчиком последовательно;
- использовать ВП с изолированным основанием.

**Примечание.** Если при отсутствии вибрационного сигнала на основании акселерометра уровень виброускорения в третьоктаве 50 Гц отличается в большую сторону от уровней виброускорения в третьоктавах 40 Гц и 63 Гц не более, чем на 6 дБ, то можно считать, что электрическая помеха отсутствует.

Ориентировать трехкомпонентный акселерометр необходимо согласно маркировке на корпусе датчика виброускорения.

12.4. После включения виброметра выждать не менее 40–60 секунд, прежде чем начинать измерения. К моменту начала измерения не должны гореть индикаторы **over** или **under**.

12.5. Измерение запускается клавишей **СТАРТ**. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя (при наличии).

12.6. Показания текущих среднеквадратичных уровней считываются на индикаторе виброметра рядом с метками **СКЗ-1с**, **СКЗ-5с**, **СКЗ-10с**.

12.7. Максимальные текущие среднеквадратичные уровни считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Max**.

12.8. Показания **MTVV (максимального СКЗ 1 с)** считываются на индикаторе виброметра рядом с метками **СКЗ-1с**, **MAX** и **MTVV** (в зависимости от модели).

12.9. Эквивалентный уровень считывается на индикаторе виброметра рядом с меткой **Leq**. В последней строке индикаторного экрана считывают продолжительность измерения (усреднения по времени) эквивалентного уровня.

12.10. Доза вибрации считывается на индикаторе виброметра рядом с меткой **VDV**.

12.11. Пиковый уровень скорректированного ускорения для полного интервала измерений считывается на индикаторе виброметра рядом с меткой **Пик** напротив метки **Leq**.

12.12. Пиковые уровни скорректированного ускорения за последние 1 с, 5 с и 10 с считываются на индикаторе виброметра рядом с меткой **Пик** напротив меток «**1 сек**», «**5 сек**» и «**10 сек**» соответственно.

12.13. Поправка на собственные шумы. При измерении малых уровней вибрации следует сопоставить показания прибора с уровнями собственных шумов акселерометра. Если разность между показанием прибора и соответствующим уровнем собственных шумов находится в пределах от 3 дБ до 10 дБ, необходимо вносить поправку в результаты измерения.

Поправка  $\varepsilon$  на влияние собственных шумов (величина, которую нужно вычесть из показаний прибора) рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon(\text{дБ}) = \Delta - 10 \lg(10^{0,1\Delta} - 1),$$

где  $\Delta$  – разность показания прибора и уровня собственных шумов, дБ.

Поправка применяется при измерениях среднеквадратичных значений и уровней (**Leq**, **СКЗ-1с**, **СКЗ-5с**, **СКЗ-10с**). При пиковых значениях вибрации не измеряют, если результат отличается от фона меньше, чем на 10 дБ.

Собственные шумы вибропреобразователя (ВП) из состава виброметра определяются согласно:

- эксплуатационной документации на виброметр;
- по протоколу измерений собственных шумов ВП, проведенных по методике, согласованной с производителем.

### 13) Обработка результатов измерений

13.1 При измерении октавных и третьоктавных уровней виброускорения величина уровня ускорения  $L_{изм}(f)$  в полосе частот с центральной частотой  $f$  рассчитывается по формуле:

$$L_{изм}(f) = L_{инд}(f) + \Delta L_{ВП}(f)$$

Здесь  $L_{инд}(f)$  – значение уровня ускорения, снятое с индикатора прибора (см. п. 12),  $\Delta L_{ВП}(f)$  – поправка, характеризующее неравномерность АЧХ акселерометра для частоты  $f$ . Поправки на вибропреобразователь определяются эксплуатационной документацией средств измерений.

Если поправки на АЧХ вибропреобразователя не учитываются при расчете уровня ускорения, то в оценке погрешности измерений следует учитывать дополнительные погрешности (п. 13.2) по типовым неравномерностям АЧХ для используемого типа датчика. Значения дополнительных погрешностей в этом случае выбираются равными максимальной неравномерности АЧХ в рассматриваемом диапазоне частот согласно описанию типа СИ № 81334-21.

13.2 Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

$$\Delta L = 20 \times \lg \left( 1 + \sqrt{\left(10^{\Delta_1/20} - 1\right)^2 + \sum \left(10^{\Delta_k/20} - 1\right)^2} \right),$$

где  $\Delta_1$  – модуль погрешности измерения в соответствии с п. 3,  $\Delta_k$  –  $k$ -я дополнительная погрешность в децибелах (например, неравномерность АЧХ в диапазоне измерений).

### 14) Контроль точности результатов измерений

Показатели точности по данной методике соответствует значениям, указанным в п. 3, при выполнении следующих условий:

- вибропреобразователь установлен с соблюдением требований п. 11;
- условия измерений соответствуют условиям применения используемых СИ;
- используемые СИ имеют действующую поверку, калибровочные настройки прибора соответствуют метрологическим характеристикам, установленным при поверке;
- поправки на АЧХ вибропреобразователя, применяемые при обработке (п. 13.1) соответствуют паспортным данным;
- при возникновении ситуаций, потенциально приводящих к повреждению измерительного тракта, следует проводить проверку измерительного тракта согласно п. 12.2. Используемые СИ проходят своевременное техобслуживание согласно их руководствам по эксплуатации.



## 15) Принятые сокращения и обозначения

### Сокращения

*РЭ* – руководство по эксплуатации

*СИ* – средства измерения

*МИ* – методика измерений

*ВП* – вибропреобразователь, датчик вибрации

*АЧХ* – амплитудно-частотная характеристика

### Обозначения

$a$  – виброускорение,  $м/с^2$

$a_o = 10^{-6} м/с^2$  – опорный уровень виброускорения

$L_a$  – уровень виброускорения, дБ отн.  $10^{-6} м/с^2$

$\varepsilon$  – поправка на собственные шумы, дБ

$\Delta$  – разность показания прибора и уровня собственных шумов, дБ

$L_{изм}(f)$  – результат измерения октавного (1/3-октавного) уровня виброускорения, дБ

$L_{инд}(f)$  – значение уровня ускорения, снятое с индикатора прибора

$\Delta L_{ВП}(f)$  – поправка, характеризующая неравномерность АЧХ акселерометра

### Ключевые слова

Виброускорение, октавная полоса частот, спектр, уровень



ООО "ПКФ Цифровые приборы"  
129281, г. Москва, ул. Енисейская, д.24, кв. 150  
Аттестат аккредитации 01.00279-2013 от 11 декабря 2013 г.

## СВИДЕТЕЛЬСТВО

### об аттестации методики измерений

№ 077-01.00279-2023

Методика однократных измерений виброускорения приборами ЭКОФИЗИКА, Экофизика-110А, Экофизика-110В, Экофизика-111В с использованием акселерометров типа 1V

разработанная наименование измеряемой величины  
ООО НПФ «ЭлектронДизайн»  
наименование организации (предприятия), разработавшей МВИ  
129327, г. Москва, ул. Менжинского, д. 23, корп. 2, кв. 423  
адрес организации (предприятия), разработавшей МВИ

и установленная документом «МИ ПКФ-23-080. Методика однократных измерений Виброускорения приборами Экофизика, Экофизика-110А, Экофизика-110В, Экофизика-111В с использованием акселерометров типа 1V

аттестована в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009 и в соответствии с требованиями Порядка метрологической аттестации методики (метода) измерений, утвержденного Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 17 марта 2016 года №21.

Аттестация осуществлена по результатам метрологической экспертизы материалов  
вид работ: метрологическая экспертиза  
по методике измерений и теоретического исследования методики измерений  
материалов по разработке МИ, теоретическое или экспериментальное исследование МИ,  
другие виды работ

В результате аттестации методики (метода) измерений установлено, что методика (метод) измерений соответствует метрологическим требованиям к измерениям и обладает следующими основными метрологическими характеристиками:

Диапазоны измерений уровней виброускорения указаны в приложении к свидетельству.  
Границы неисключённой систематической погрешности в относительном выражении (относительная погрешность) указана в приложении к свидетельству.

Сведения о согласовании методики (метода) измерений: согласование не предусмотрено.

Генеральный директор  
ООО «ПКФ Цифровые приборы»



Ю.В. Куриленко  
«02» июнь 2023 г.

ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«ОКТАВА-ЭЛЕКТРОНДИЗАЙН»  
ООО «ПКФ Цифровые приборы»

