

**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.411000.001.03 РЭ, ПКДУ.411000.002.01 РЭ,
РЭ 4381-003-76596538-06, РЭ 4381-002-76596538-05,
РЭ 4277-002-76596538-05**

Редакция 15

Москва
2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<u>1. Введение</u>	4
<u>2. Методика выполнения однократного прямого измерения уровня звука</u>	6
<u>3. Методика выполнения однократного прямого измерения корректированного ускорения общей и локальной вибрации</u>	10
<u>4. Методика выполнения однократного прямого измерения уровней ускорения в октавных и третьоктавных полосах частот</u>	18
<u>5. Методика выполнения однократного прямого измерения уровня звукового давления в октавных (третьоктавных) полосах частот в диапазоне 31,5 – 16000 Гц (25 – 20000 Гц)</u>	25
<u>6. Методика выполнения 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</u>	30
<u>7. Методика выполнения однократного прямого измерения уровня звукового давления третьоктавных полосах частот в диапазоне 12500 – 100000 Гц</u>	34
<u>8. Методика выполнения однократного прямого измерения уровней виброскорости с датчиком AV-01</u>	37
<u>9. Методика выполнения однократного прямого измерения уровней виброскорости в октавных и третьоктавных полосах частот с использованием акселерометров</u>	40
<u>Приложение №1. Список терминов, употребляемых в технической документации ПО «Октава-ЭлектронДизайн»</u>	45
<u>Приложение №2. Учет особенностей микрофонных капсулей и принадлежностей при прямых измерениях уровней звука (УЗ) и звукового давления (УЗД)</u>	56
<u>Дополнение №1. О приборах ОКТАВА-110А (ЭКО), ОКТАВА-110В (ЭКО), ЭКОФИЗИКА</u>	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.

Показателями 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 θ_{Σ} 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:

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

Если границы НСП несимметричны, то неопределенность рассчитывают по формуле:

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

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

Верхняя граница двухстороннего интервала неопределённости для уровня доверия 0,95 рассчитывается по формуле:

$$L_{U_+(0,95)}(f) = L_{изм}(f) + 2u_B$$

Нижняя граница двухстороннего интервала неопределённости для уровня доверия 0,95 рассчитывается по формуле:

$$L_{U_-(0,95)}(f) = L_{изм}(f) - 2u_B$$

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

$$L_{U_+(0,95)}(f) = L_{изм}(f) + 1,645u_B$$

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 НГ** 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 превышает 3÷4 м/с, результаты измерения будут искажены. **Дополнительная погрешность измерения уровня звука при использовании ветрозащиты не превышает ±0,2 дБ.**

***Примечание.** Ветрозащита эффективна только при измерениях звукового давления 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 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 шумомера с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации. При подаче калибровочного сигнала показания шумомера должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах ±0,3 дБ. Если проверка калибровки не проводится, при оценке погрешности измерений необходимо учитывать дополнительные погрешности, связанные с влиянием внешних факторов (температуры, влажности, атмосферного давления, электромагнитных полей), которые приводятся в руководстве по эксплуатации шумомера.

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 с приборами, указанными выше.**

4. Приборы серий **ОКТАВА** и **ЭКОФИЗИКА** в комплекте с микрофонными капсулями **ВМК-205, МК-265, МК-233, М-201** и их аналогами 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 шумомера рядом с меткой **LE**.
12. Пиковый уровень звука считывается на индикаторе шумомера 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 Δ_1 – модуль погрешности измерения звука в соответствии с Таблицей УЗ-1, Δ_k – k -я дополнительная погрешность в децибелах.

15. После проведения измерений следует проверить калибровку шумомера с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации.

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

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувств-ть, S _{ном} , мВ/Па	Диапазон измерения при номинальной чувствительности *)	Погрешность измерения, не более, дБ
ОКТАВА-110А-ЭКО ОКТАВА-110А	ЭкоЗвук-110А	- ИИБ ОКТАВА-110А-ЭКО или ОКТАВА-110А - Предусилитель Р200 - Калибратор АК-1000 - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> • Синусоидальный сигнал частоты 1000 Гц: ± 0,7 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); ± 1,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). • Постоянный и колеблющийся шум: ± 0,7 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); ± 0,9 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). • Импульсный шум: ± 0,7 дБ (при длительности импульса до 200 мс, F_{Мах} – S_{Мах} < 6 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) • Погрешность измерения пикового уровня: ± 1,0 дБ в диапазоне уровней от нижней границы диапазона измерений до +3 дБ к верхней границе диапазона измерений
		- 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		
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"> • Тональный и широкополосный шум, не содержащий импульсов: ± 0,6 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); ± 0,9 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). • Импульсный шум: ± 0,6 дБ (при длительности импульса до 200 мс, F_{Мах}-S_{Мах} < 6 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).
		- 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	
ОКТАВА-111		ИИБ ОКТАВА-111 - Предусилитель Р200 - Калибратор АК-1000 - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> • Тональный и широкополосный шум, не содержащий импульсов: ± 0,6 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); ± 0,9 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). • Импульсный шум: ± 0,6 дБ (при длительности импульса до 200 мс, F_{Мах}-S_{Мах} < 6 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).
		- 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	

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувств-ть, S _{ном} , мВ/Па	Диапазон измерения при номинальной чувствительности *)	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 - Калибратор АК-1000 - Кабель EXC00XR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> • Синусоидальный сигнал частоты 1000 Гц: ± 0,7 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); ± 1,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). • Постоянный и колеблющийся шум: ± 0,7 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); ± 0,9 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). • Импульсный шум: ± 0,7 дБ (при длительности импульса до 200 мс, Fast_Max – Slow_Max < 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) • Погрешность измерения пикового уровня: ± 1,0 дБ в диапазоне уровней от нижней границы диапазона измерений до +3 дБ к верхней границе диапазона измерений
		- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZT-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 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	

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

Для несинусоидальных сигналов с **пик-фактором k** верхние пределы линейных диапазонов изменяются на величину Δ_{пф}

2) 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.

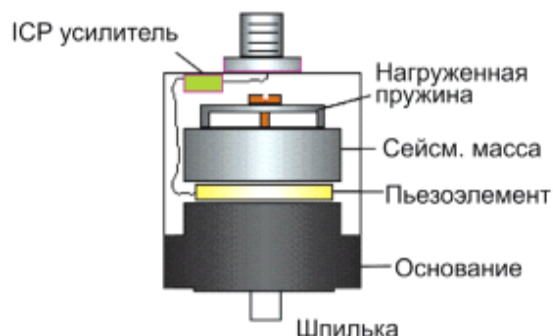
$$\Delta_{\text{пф}} = 20 \lg \left(\frac{\sqrt{2}}{k} \right) \quad (\text{дБ})$$

3. Методика однократного прямого измерения корректированного 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 появляется электрический заряд (явление «пьезоэлектричество»). Величина заряда пропорциональна силе, а, следовательно, и ускорению.



ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКСЕЛЕРОМЕТР

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** (**АР2037, АР98, АР2082, АР2038, ДН-4-Э, АР2099, АР2098, АР2006, 1V151НС, 1V154НС, 1V101НВ, 1V102НВ, 1V401НС** и др.), не имеют описанных недостатков. Они относятся к типу **IEPE (ICP)**. Внутри датчика находится электрическая схема усиления, поэтому их ещё 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 **АР5000-х** или **АQ05**.

Датчики вибрации, применяемые с прибором, могут быть **1-компонентными** (например, **ДН-4-Э, АР2098, АР98, АР2037, АР2099, АР2006, 1V101НВ, 1V102НВ, 1V401НС**) или **3-компонентными** (например, **АР2038Р, АР2082М, 1V151НС, 1V154НС**).

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. Направление 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

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.)
AP2082M-100 (100 мВ/г), трехкомпонентный	Оптимально Адаптер: 003РД/004РД	Производственные и коммунальные вибрации (исключая очень слабые) Адаптер: 003ОП, 004ОП	Допускается использование Адаптеры: 002КР, 022КР, 022КБ	Не рекомендуется
1V151HC-100 (100 мВ/г), трехкомпонентный	Оптимально Адаптер: 003РД/004РД	Производственные и коммунальные вибрации (исключая очень слабые) Адаптер: 003ОП, 004ОП с переходным винтом М4/М5	Допускается использование Адаптеры: 002КР, 022КБ с переходным винтом М4/М5	Не рекомендуется
AP2038P-10 (10 мВ/г), трехкомпонентный	На жестких и плоских поверхностях Адаптер: 003РД/004РД, 002ОТ	Сильные вибрации выше 10 мм/с ² Адаптер: 003ОП, 004ОП	Допускается использование Адаптеры: 002КР, 022КР, 022КБ	Допускается использование (есть некоторый риск перегрузки) Адаптеры: 002КР, 022КР, 022КБ
1V151HC-10 (10 мВ/г), трехкомпонентный	Оптимально Адаптер: 003РД/004РД	Сильные вибрации выше 10 мм/с ² Адаптер: 003ОП, 004ОП с переходным винтом М4/М5	Допускается использование Адаптеры: 002КР, 022КБ с переходным винтом М4/М5	Допускается использование Адаптеры: 002КР, 022КБ с переходным винтом М4/М5
AP2037-10, 1V102HB-10, 1V102TB-10 (10 мВ/г) 1-компонентный	Не рекомендуется	Производственные вибрации. Может использоваться для измерений вибрации порядка 10 мм/с ² Адаптер: 004ОП	Только для ориентировочных измерений	Не рекомендуется
AP98, AP2098 AP2037-100, 1V102HB-100, 1V102TB-100 (100 мВ/г), 1-компонентный		Производственные и коммунальные вибрации. Может использоваться для измерений вибрации порядка 1 мм/с ² Адаптер: 004ОП		
ДН-4-Э			Не рекомендуется	

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.)
AP2031, 1-комп. AP2022, 3-комп.	—	—	—	Для установки на тонкие пластины
AP2099-100 1V101HB-100 (100 мВ/г) 1-компонентный, 1V154HC-100 (100 мВ/г) 3-компонентный	—	Коммунальная вибрация, Слабые вибрации строительных и инженерных конструкций. Адаптер 0040П	—	—
AP2006-500 (500 мВ/г) 1-компонентный 1V401HS-500 (500 мВ/г) 1-компонентный	—	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 с приборами, указанными 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 Fk, Fm : $\pm 0,3$ дБ;
- для уровней локальной вибрации с коррекцией Fh: $\pm 0,3$ 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:

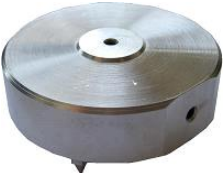

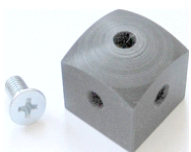




- проверить отсутствие механических повреждений кабеля, вибропреобразователя и прибора;
- проверить соответствие внутренних настроек прибора паспортным данным и результатам последней поверки;

- убедиться, что виброметр реагирует на вибрацию, а при отсутствии вибрации (в состоянии покоя) обеспечивает показания, близкие к типичным для данной лаборатории фоновым уровням.

При проверке калибровке виброметра следует учитывать рекомендации **МР ПКФ-14-021**.

4. Установить вибропреобразователь на вибрирующую поверхность.

Рекомендуемые способы установки

	003OP/ 004OP	Платформа напольная для измерений вибрации на полу ¹ (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 AP2082M (003RD) или AP2038P. Применяется для измерений вибрации на любых сиденьях
	002KR	Адаптер кисти руки (одно положение установки 3-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента
	001KR/ 001KRH	Адаптер кисти руки (три положения установки 1-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента
	022KR	Адаптер рукоятки для измерений. Зажимается между ладонью и рукояткой вибрирующего инструмента

¹ 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**

	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
	АW-01-1	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 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 от уровней виброускорения в третьоктавах 40 Гц и 63 Гц не более, чем на 6 дБ, то можно считать, что электрическая помеха отсутствует.

Ориентировать трёхкомпонентный 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-5 с**, **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 1с, 5с и 10с 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 ε 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 Δ – 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, проведённых 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 ⁻²	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. 1 мкм/с ² *)	Погрешность измерения, не более дБ
ОКТАВА-110А ОКТАВА-110А-ЭКО ЭКОФИЗИКА-110А	Общая вибрация-1 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"> • Синусоидальный сигнал опорной частоты (16 Гц для общей вибрации; 80 Гц – для локальной вибрации): ± 0,3 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ± 0,6 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). • Безударная вибрация: ± 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). • Ударная вибрация: ± 1,0 дБ
	Общая вибрация ЭФБ-110А	- ВП AP2037-100 (AP2098, AP98 AP2082M-100, AP2038-100, AP2038P-100, 1V151HC-100, 1V102HB-100, 1V102TB-100)	10	56 – 174 (Wd), 60 – 174 (Wk), 58 – 174 (Wm), 60 – 174 (Wh)	
	Локальная вибрация ЭФБ-110А	- Вибропреобразователь AP2037-10, AP2038P-10, 1V151HC-10, 1V102HB-10, 1V102TB-10	1	76 – 194 (Wd), 80 – 194 (Wk), 78 – 194 (Wm), 80 – 194 (Wh)	
	Общая вибрация ЭФБ-HF (канал А)	- Вибропреобразователь ДН-4-Э	1,1	62 – 192 (Wd), 60 – 192 (Wk), 58 – 192 (Wm), 60 – 194 (Wh)	
	Локальная вибрация ЭФБ-HF (канал А)	- Вибропреобразователь AP2031-3	0,3	86 – 204 (Wd), 90 – 204 (Wk), 90 – 204 (Wh)	
		- Вибропреобразователь AP2099-100, 1V101HB-100, 1V154HC-100	10	54 – 174 (Wd), 51 – 174 (Wk), 53 – 174 (Wm)	
		- Вибропреобразователь AP2006-500	50	33 – 161 (Wd), 33 – 161 (Wk), 33 – 161 (Wm)	
		- Вибропреобразователь 1V401HS-500	50	36 – 161 (Wd), 36 – 161 (Wk), 36 – 161 (Wm)	

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$, мВ/мс ⁻²	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. 1 мкм/с ² *)	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"> • Синусоидальный сигнал опорной частоты (16 Гц для общей вибрации; 80 Гц – для локальной вибрации): ± 0,3 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ± 0,6 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). • Безударная вибрация: ± 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). • Ударная вибрация: ±1,0 дБ
ОКТАВА-110В	Общая / Локальная вибрация-3-DIN	- Вибропреобразователь AP2082М-100 (AP2038-100, AP2038Р-100, AP2098-100, AP98-100, AP2037-100, 1V151НС-100, 1V102НВ-100, 1V102ТВ-100)	10	56 – 165 (Wd), 60 – 165 (Wk), 58 – 165 (Wm), 66 – 165 (Wh), 65 - 165 (Fk), 75 - 165 (Fh)	
ЭКОФИЗИКА-110А		- Вибропреобразователь AP2038Р-10, AP2037-10, 1V151НС-10, 1V102НВ-10, 1V102ТВ-10	1	76 – 185 (Wd), 80 – 185 (Wk), 78 – 185 (Wm), 86 – 185 (Wh)	
ЭКОФИЗИКА-110В	Общая вибрация ЭФБ-НФ (X, Y, Z)	- Вибропреобразователь AP2031-3	0,3	86 – 195 (Wd), 90 – 195 (Wk), 90 – 195 (Wh)	
ЭКОФИЗИКА-111В	Локальная вибрация ЭФБ-110В (К1,К2,К3)	- Вибропреобразователь AP2099-100, 1V101НВ-100, 1V154НС-100	10	54 – 165 (Wd), 51– 165 (Wk), 53 – 165 (Wm)	
		- Вибропреобразователь AP2006-500	50	33 – 151 (Wd), 33 – 151 (Wk), 33 – 151 (Wm)	
		- Вибропреобразователь 1V401НС-500	50	36 – 161 (Wd), 36 – 161 (Wk), 36 – 161 (Wm)	

*) 1) Если калибровочная поправка для конкретного вибропреобразователя отличается от 0,0 дБ, диапазоны измерения смещаются на величину +К, где К – значение установленной калибровочной поправки, дБ. Для несинусоидальных сигналов с **пик-фактором k** верхние пределы линейных диапазонов изменяются на величину $\Delta_{пф}$

2) Указанные в таблице 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.

3) Нижний предел диапазона измерений скорректированного ускорения для конкретного датчика может отличаться из-за технологического разброса собственных шумов. При наличии данных об ожидаемом уровне собственных шумов в качестве нижнего предела измерений следует принимать величину скорректированного ускорения ожидаемых собственных шумов плюс 2 дБ.

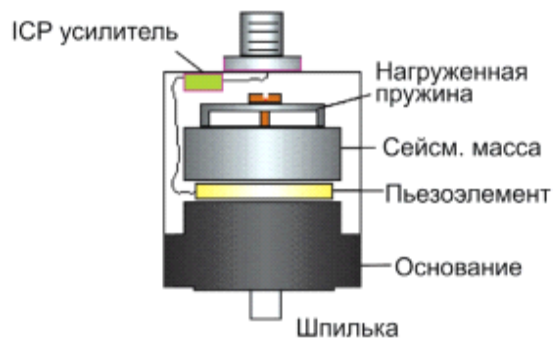
$$\Delta_{пф} = 20 \lg \left(\frac{\sqrt{2}}{k} \right) \quad (\text{дБ})$$

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 появляется электрический заряд (явление «пьезоэлектричество»). Величина заряда пропорциональна силе, а, следовательно, и ускорению.



ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКСЕЛЕРОМЕТР

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** (**AP2037, AP98, AP2082, AP2038, ДН-4-Э, AP2099, AP2098, AP2029, AP2006, 1V151НС, 1V154НС, 1V101НВ, 1V102НВ, 1V104НА, 1V401НС** и др.), не имеют описанных недостатков. Они относятся к типу **IEPE (ICP)**. Внутри датчика находится электрическая схема усиления, поэтому их ещё 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 **AP5000-х** или **AQ05**.

Датчики вибрации, применяемые с прибором, могут быть **1-компонентными** (например, **ДН-4-Э, AP2098, AP98, AP2029, AP2037, AP2099, AP2006, 1V101НВ, 1V102НВ, 1V104НА, 1V401НС**) или **3-компонентными** (например, **AP2038P, AP2082M, 1V151НС, 1V154НС**).

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. Направление 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 ± 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	10000	>50 000
1V103TB-100, 1V103TB-10	2	12000	>60 000
AP2029-100	0,5	12000	>60 000
1V104HA-100	2	12000	>60 000
AP2030-10, AP2031-10	2	12000	>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.

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.

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

Рекомендуемые модели портативных виброкалибраторов: KB-160, AT01, AT01m, 394C06. **Вибрационный калибратор ВК 16/160 не разрешается применять с приборами, указанными выше.**

Примечание: уровень калибровочного сигнала 10 м/с^2 соответствует 140 дБ отн. 1 мкм/с^2 .

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 ² (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

² 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
	АВ-01-1	Восковая мастика для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц
	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

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 от уровней виброускорения в

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

Ориентировать трёхкомпонентный 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 максимальной неравномерности АЧХ в рассматриваемом диапазоне частот.

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 Δ_1 – модуль погрешности измерения в соответствии с Таблицей В-2, Δ_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 ² *)	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"> • Синусоидальный сигнал ± 0,3 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ±1,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). • Широкополосная безударная вибрация: ± 1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ± 1,2 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений) • Ударная вибрация: ±1,0 дБ
	Анализ-1-LF,MF,EF	- Вибропреобразователь AP2037-100 (AP2098, AP98, AP2082M-100, AP2038-100, AP2038P-100, 1V151HC-100, 1V102HB-100, 1V102TB-100)	10	52 – 174 (1 Гц), 54 – 174 (2 Гц), 56 – 174 (16 Гц), 56 – 174 (1 кГц)	
	Анализ-4-LF,MF,EF (канал МІС)	- Вибропреобразователь AP2038P-10 (AP2037-10, 1V151HC-10, 1V102HB-10, 1V102TB-10)	1	72 – 194 (1 Гц), 74 – 194 (2 Гц), 76 – 194 (16 Гц), 76 – 194 (1 кГц)	
	Общая / Локальная вибрация ЭФБ-110А	- Вибропреобразователь ДН-4-Э	1,1	65 – 192 (1 Гц), 61 – 192 (2 Гц), 53 – 192 (16 Гц), 55 – 192 (1 кГц)	
	1/3-октавный анализатор МІС	- Вибропреобразователь AP2031-3	0,3	86 – 204	
	Общая / Локальная вибрация ЭФБ-НФ (канал А)	- Вибропреобразователь 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)	- Вибропреобразователь 1V104HA-100	10	66 – 174 (в октавных полосах 8-250 Гц) 69 – 174 (в октавных полосах 500-8000 Гц)	
		- Вибропреобразователь 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)	
		- Вибропреобразователь AP2030-10, AP2031-10	1	75 – 194 (в октавных полосах 16-1000 Гц) 79 – 194 (в октавных полосах 2-8 кГц)	
		- Вибропреобразователь AP2099-100, 1V101HB-100	10	44– 174 (1 Гц), 42 – 174 (2 Гц), 36 – 174 (16 Гц), 37– 174 (1 кГц)	
		- Вибропреобразователь AP2006-500, 1V401HS-500	50	30 – 161 (1 Гц), 30 – 161 (2 Гц), 30 – 161 (16 Гц), 30 – 161 (1 кГц)	

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувств-ть, $S_{ном}, мВ/мс^{-2}$	Диапазон измерения при номинальной чувств-ти, дБ отн.1 мкм/с ^{2*})	Погрешность измерения, не более дБ
ОКТАВА-101ВМ ОКТАВА-110В ЭКОФИЗИКА ЭКОФИЗИКА-110А ЭКОФИЗИКА-110В ЭКОФИЗИКА-111В	Общая / Локальная вибрация-3	- ИИБ (измерительно-индикаторный блок)		Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов)	<ul style="list-style-type: none"> • Синусоидальный сигнал ± 0,3 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ± 1,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). • Широкополосная безударная вибрация: ± 1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ± 1,2 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений) Ударная вибрация: ± 1,0 дБ
	Общая / Локальная вибрация-3-DIN	ВП AP2037-100 (AP2098, AP98, AP2082M-100, AP2038-100, AP2038P-100, 1V151HC-100, 1V102HB-100, 1V102TB-100)	10	60 – 164	
	Анализ-4 (3)-LF, MF, EF (каналы X, Y, Z или K1, K2, K3)	- ВП AP2038P-10, (AP2037-10, 1V151HC-10, 1V102HB-10, 1V102TB-10)	1	80 – 184	
	Общая / Локальная вибрация ЭФБ-НФ (каналы X, Y, Z)	- ВП AP2031-3	0,3	90 – 194	
	1/3-октавный анализатор МХУZ (каналы X, Y, Z)	- Вибропреобразователь ДН-4-Э	1,1	65 – 182 (1 Гц), 61 – 182 (2 Гц), 53 – 182 (16 Гц), 55 – 182 (1 кГц)	
	Общая / Локальная вибрация ЭФБ-110В	- Вибропреобразователь AP2029-100	10	55 – 174 (в октавных полосах 31,5-1000 Гц) 63 – 174 (в октавных полосах 2-8 кГц)	
	1/3-октавный анализатор ХУZ	- Вибропреобразователь 1V104НА-100	10	66 – 174 (в октавных полосах 8-250 Гц) 69 – 174 (в октавных полосах 500-8000 Гц)	
		- Вибропреобразователь 1V103ТВ-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)	
		- Вибропреобразователь AP2030-10, AP2031-10	1	75 – 194 (в октавных полосах 16-1000 Гц) 79 – 194 (в октавных полосах 2-8 кГц)	
		- Вибропреобразователь AP2099-100, 1V101HB-100	10	42 – 164 (1 Гц), 42 – 164 (2 Гц), 41 – 164 (16 Гц), 50 – 164 (1 кГц)	
	- Вибропреобразователь AP2006-500, 1V401HS-500	50	30 – 151 (1 Гц), 30 – 151 (2 Гц), 30 – 151 (16 Гц), 30 – 151 (1 кГц)		

*) 1) Если калибровочная поправка для конкретного вибропреобразователя отличается от 0,0 дБ, диапазоны измерения смещаются на величину $+K$, где K – значение установленной калибровочной поправки, дБ. Для несинусоидальных сигналов с **пик-фактором** k верхние пределы линейных диапазонов изменяются на величину $\Delta_{ПФ}$

$$\Delta_{ПФ} = 20 \lg \left(\frac{\sqrt{2}}{k} \right) \quad (\text{дБ})$$

2) 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 – 16000 Гц (25 – 20000 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 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	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	±0,3 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	10000 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. Если проверка калибровки не проводится, при оценке погрешности измерений необходимо учитывать дополнительные погрешности, связанные с влиянием внешних факторов (температуры, влажности, атмосферного давления, электромагнитных полей), которые приводятся в руководстве по эксплуатации шумомера.

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. Приборы серий **ОКТАВА** и **ЭКОФИЗИКА** в комплекте с микрофонными капсулями **ВМК-205**, **МК-265**, **МК-233**, **М-201** и их аналогами измеряют уровень звука и звукового давления, которые были бы в измерительной точке свободного звукового поля в отсутствии 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 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:

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

Здесь $L_{инд}(f)$ – значение УЗД, снятое с индикатора прибора (см. пп.8-10), $\Delta L_{микро}(f)$ – 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.

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 неравномерностям 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 Δ_1 – модуль погрешности измерения звука в соответствии с Таблицей УЗ-2, Δ_k – k -я дополнительная погрешность в децибелах.

13. Проверку калибровки измерительного тракта следует выполнять до и после измерений в соответствии с руководством по эксплуатации.

Таблица УЗ-2. Виды комплектации приборов для работы в режиме анализатора спектра звукового давления в диапазоне частот 25 – 20000 Гц

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$, мВ/Па	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ ^{*)}	Погрешность измерения, не более дБ
ОКТАВА-110А-ЭКО ОКТАВА-110А	ЭкоЗвук-110А Звук+	- ИИБ ОКТАВА-110А-ЭКО / 110А - Предусилитель Р200, - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	
		- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZТ-333)	50	13 – 139 (в октавах) 11 – 139 (в 1/3-октавах)	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	24 – 150 (в октавах) 22 – 150 (в 1/3-октавах)	
ОКТАВА-101АМ	Звук	- ИИБ ОКТАВА-101АМ - Предусилитель КММ400 - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на четыре поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> • Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: $L_{min} + 5дБ \leq L_p \leq L_{max} - 5дБ$; $\pm 0,7$ дБ, где L_{max} – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, L_{min} – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД. • В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: $\pm 1,0$ дБ
		- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZТ-333)	50	14 – 145 дБ (в октавах) 12 – 145 (в 1/3-октавах)	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	25 – 156 (в октавах) 23 – 156 (в 1/3-октавах)	
ЭКОФИЗИКА-110А ЭКОФИЗИКА	ЭкоЗвук Ультразвук-40к Анализ-1-НФ Анализ-4-НФ (канал МІС)	- ИБ ЭКОФИЗИКА-D с - ИМ 110А или НФ - Предусилитель Р200 - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	
		- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZТ-333)	50	13 – 139 (в октавах) 11 – 139 (в 1/3-октавах)	
	- Микрофон М-201, МК-233, ВМК-206	14	24 – 150 (в октавах) 22 – 150 (в 1/3-октавах)		
	- Микрофон МС-204	3	37 – 163 (в октавах) 36 – 163 (в 1/3-октавах)		
	- Микрофон МК301, МК401, 4135	5	33 – 159 (в октавах) 31 – 159 (в 1/3-октавах)		
	- 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)		
	ОКТАВА-111		- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZТ-333)	50	
- Микрофон МК-233, М-201			14	23 – 151 (в октавах) 19 – 151 (в 1/3-октавах)	

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувствительность, $S_{ном}$, мВ/Па	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ ^{*)}	Погрешность измерения, не более дБ
ЭКОФИЗИКА-110А	1/3-октавный анализатор МХYZ	- ИИБ ЭКОФИЗИКА (HF-Белая) - Предусилитель Р200 - Предусилитель Р410 (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"> • Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: $L_{min} + 5 дБ \leq L_p \leq L_{max} - 5 дБ$; $\pm 0,7 дБ$, где L_{max} – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, L_{min} – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД. • В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: $\pm 1,0 дБ$
		- Микрофон ВМК-205/206 (МК-265, МК-221) - МР201, ZТ-333	50	11 – 139 ** (вход МС) 25 – 125 *** (входы X, Y, Z)	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	22 – 150 ** (вход МС) 36 – 136 *** (входы X, Y, Z)	
		- Микрофон МС-204	3	36 – 163 ** (вход МС) 51 – 151 *** (входы X, Y, Z)	
		- Микрофон МК301, МК401, 4135	5	31 – 159 ** (вход МС) 47 – 147 *** (входы X, Y, Z)	
		- Микрофон МК/ВМК-401, 4136	1,5	40 – 168 ** (вход МС) 56 – 156 *** (входы X, Y, Z)	
		- Микрофон МС-402А	0,4	54 – 176 ** (вход МС) 67 – 166 *** (входы X, Y, Z)	
ЭКОФИЗИКА-110В (Белая) ЭКОФИЗИКА-111В	1/3-октавный анализатор XYZ	- ИИБ ЭКОФИЗИКА-110В (Белая) - Предусилитель Р200 (через ОКТАФОН) - Предусилитель Р410 (входы 1, 2, 3) – только с МР201, ZТ-333 - ОКТАФОН/ОКТАФОН-М с ЭКВ-110-3		Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов)	
		- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221) - МР201, ZТ-333	50	25 – 125	
		- Микрофон М-201, МК-233, ВМК-206	14	36 – 136	
		- 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 $+K$, где K – значение установленной калибровочной поправки, дБ.
Нижние пределы измерений для отдельных частотных полос могут быть меньше указанных в таблице; значение нижних пределов могут быть оценены как уровень собственных шумов в соответствующей полосе для диапазона шкалы ДЗ 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 FI

Средства измерения указаны в Таблице УЗ-3. Для измерений уровней звукового давления с использованием полосового фильтра **FI** следует использовать микрофоны, у которых калибровочные поправки находятся в пределах: +/-0,2 дБ (для частоты 16 Гц), +/-0,3 дБ (для частоты 8 Гц), +/-0,5 дБ (для частоты 4 Гц), +/-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 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. Если проверка чувствительности измерительного тракта не проводится, при оценке погрешности измерений необходимо учитывать дополнительные погрешности, связанные с влиянием внешних факторов (температуры, влажности, атмосферного давления, электромагнитных полей), которые приводятся в руководстве по эксплуатации шумомера.

4. Приборы серий **ОКТАВА** и **ЭКОФИЗИКА** в комплекте с микрофонными капсулями **ВМК-205**, **МК-265**, **МК-233**, **М-201** и их аналогами измеряют звуковое давление, которое было бы в измерительной точке свободного звукового поля в отсутствии 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 индикаторного блока и напряжения поляризации необходимо выждать не менее 60 секунд, прежде чем начинать измерения.

7. 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).

8. 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.
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**. 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.
11. 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.

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 неравномерностям АЧХ для используемого типа микрофонов и дополнительных принадлежностей. 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.

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 Δ_1 – модуль погрешности измерения звука в соответствии с Таблицей УЗ-3, Δ_k – k -я дополнительная погрешность в децибелах.

13. Диапазоны и погрешности измерения уровней звука 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 - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> • Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: $L_{min} + 5 дБ \leq L_p \leq L_{max} - 5 дБ$; $\pm 0,7$ дБ, где L_{max} – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, L_{min} – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД. • В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: $\pm 1,0$ дБ
	Инфразвук+	- Микрофон ВМК-205 (МК-265)	50	25 – 139 (FI) 20 – 139 (в октавах)	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	35 – 150 (FI) 30 – 150 (в октавах)	
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 (FI) 20 – 145 (в октавах)	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	35 – 156 (FI) 30 – 156 (в октавах)	
ЭКОФИЗИКА-110А, ЭКОФИЗИКА	ЭкоЗвук Анализ-1-LF	- ИИБ ЭКОФИЗИКА-110А - ИИБ ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	
	ЭкоЗвук-ЭФБ-110А 1/3-октавный анализатор МІС ^{***})	- Предусилитель Р200 - Кабель ЕХС00ХR (опция)			
		- Микрофон ВМК-205 (МК-265),	50		
		- Микрофон М-201, МК-233	14	35 – 150 (FI) 30 – 150 (в октавах)	

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувств-ть, S _{ном} , мВ/Па	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ *)	Погрешность измерения, не более дБ
ЭКОФИЗИКА-110А	1/3-октавный анализатор МХУZ****)	- ИИБ ЭКОФИЗИКА-110А-НФ, -НФ-Белая - Предусилитель Р200 (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"> • Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: L_{min}+5дБ ≤ L_p ≤ L_{max} - 5дБ: ±0,7 дБ, где L_{max} – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, L_{min} – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД. • В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: ±1,0 дБ
		- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МР201 при наличии протокола исп.)	50	В октавах: 20 – 139** (вход МІС) 30 – 125*** (входы X, Y, Z)	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	В 1/3-октавах: 30 – 150** (вход МІС) 40 – 136*** (входы X, Y, Z)	
ЭКОФИЗИКА-110В (Белая) ЭКОФИЗИКА-111В	1/3-октавный анализатор ХУZ****)	- ИИБ ЭКОФИЗИКА-110В, -110В-Белая - Предусилитель Р200 (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: 30 – 125	
		- Микрофон М-201, МК-233 – с Р200	14	В октавах: 40 – 136	

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

Для несинусоидальных сигналов с **пик-фактором k** верхние пределы линейных диапазонов изменяются на величину Δ_{ПФ}

$$\Delta_{\text{ПФ}} = 20 \lg \left(\frac{\sqrt{2}}{k} \right) \quad (\text{дБ})$$

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

7. Методика однократного прямого измерения уровня звукового давления третьоктавных полосах частот в диапазоне 12500 – 100000 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. Если проверка чувствительности измерительного тракта не проводится, при оценке погрешности измерений необходимо учитывать дополнительные погрешности, связанные с влиянием внешних факторов (температуры, влажности, атмосферного давления, электромагнитных полей), которые приводятся в руководстве по эксплуатации шумомера.

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** считаются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Max**.
10. Средний по времени (эквивалентный) уровень звукового давления считается 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:

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

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 средств измерений.

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 неравномерностям 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 Δ_1 – погрешность измерения в соответствии с Таблицей УЗ-4, Δ_k – k -я дополнительная погрешность в децибелах.

13. Диапазоны и погрешности измерения уровней звукового давления приведены в Таблице УЗ-4.

Таблица УЗ-4. Виды комплектации приборов для работы в режиме анализатора спектра звукового давления в диапазоне частот, охватываемом третьоктавными полосами частот 12500-100000 Гц

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувствительность, $S_{ном}$, мВ/Па	Максимальная 1/3-октавная полоса частот	Диапазон измерения УЗД при номин. чувств-ти, дБ	Погрешность измерения, не более, дБ		
ОКТАВА-110А-ЭКО	ЭкоЗвук-110А	- ИИБ ОКТАВА-110А-ЭКО, ОКТАВА-110Аили ИБ ЭКОФИЗИКА-D, - ИМ 110А или HF - Предусилитель P200 - Кабель EXC00XR		20 кГц	Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> • Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: $L_{max}-L_{min}+5дБ \leq L_p \leq L_{max}-5дБ$: $\pm 0,7$ дБ, где L_{max} – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, L_{min} – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД. • В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: $\pm 1,0$ дБ 		
ОКТАВА-110А	Звук+				11 – 139			
ЭКОФИЗИК А-110А	ЭкоЗвук				- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221)		50	22 – 150
ЭКОФИЗИК А-110А (Белая)	ЭкоЗвук-ЭФБ-110А				- Микрофон М-201, МК-233		14	
ЭКОФИЗИК А-110А	Анализ-Х-НФ Ультразвук-40кГц Ультразвук 40кГц Ультразвук+ 1/3-октавный анализатор МІС 1/3-октавный анализатор МХУZ	- ИБ ЭКОФИЗИКА-D или ЭКОФИЗИКА-D (Белая) - ИМ 110А или HF - Предусилитель P200 - Кабель EXC00XR (опция)		40 кГц	Диапазон измерения делится на три поддиапазона			
ЭКОФИЗИК А								
ЭКОФИЗИК А-110А (Белая)								
ОКТАВА-110А								
		- Микрофон М-201, МК-233	14		22 – 150			
		- Микрофон МК301, 4135	5		31 – 159			
		- Микрофон ВМК-401, 4136	1,5		40 – 170			
ЭКОФИЗИК А-110А	Ультразвук-100кГц	- ИИБ ЭКОФИЗИКА-110А (HF) -Предусилитель P200 (вход МІС/HF)		63 кГц	Диапазон измерения делится на три поддиапазона			
ЭКОФИЗИК А							- Микрофон МК401	5
ЭКОФИЗИК А-110А (Белая)		Ультразвук 100кГц	- Микрофон МК301, 4135	5	100 кГц		47 – 159	
			- Микрофон ВМК-401, ВМК-402А, 4136	1,5	100 кГц		56 – 170	

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 появляется 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 ИЕРЕ 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 м/с^2 (140 дБ отн. 1 мкм/с^2) виброскорость равна 10 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 полу³ (применяется для измерений общей вибрации). Датчик крепится с помощью переходной резьбовой шпильки М6/М5</p>
--	-------------------------	--

³ 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

	AM-01-OKT	Магнит для крепления датчика к металлическим магнитным поверхностям. Датчик крепится к магниту с помощью переходной резьбовой шпильки М6/М5
	MM-01-OKT	Площадка для клеевого крепления к поверхности. Датчик крепится к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348
	AW-01-1	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. 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-5 с**, **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, характеризующее неравномерность АЧХ вибропреобразователя для частоты f . 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 Δ_1 – модуль погрешности измерения в соответствии с Таблицей В-3, Δ_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 виброметра-анализатора спектра виброскорости с датчиком AV-01

Модель	Режим измерения	Диапазон измерения при номинальной чувствительности 4,1 мВ/мм/с, дБ отн. 5×10^{-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"> • $\pm 1,0$ дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений) • $\pm 2,0$ дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений)
	Локальная вибрация ЭФБ-110В	Fh (6,3 – 1250 Гц): 64 - 139	<ul style="list-style-type: none"> • $\pm 1,0$ дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); • $\pm 2,0$ дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений)
	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"> • Безударная вибрация: • $\pm 0,5$ дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений и при наличии поправки АЧХ); • $\pm 1,5$ дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений и (или при неизвестной поправке на АЧХ вибропреобразователя) • Ударная вибрация: $\pm 2,0$ дБ

^{*}) Если калибровочная поправка для конкретного вибропреобразователя отличается от 0,0 дБ, диапазоны измерения смещаются на величину +К, где К – значение установленной калибровочной поправки, дБ.

Для несинусоидальных сигналов с пик-фактором **k** верхние пределы линейных диапазонов изменяются на величину $\Delta_{пф}$.

$$\Delta_{пф} = 20 \lg \left(\frac{\sqrt{2}}{k} \right) \quad (\text{дБ})$$

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

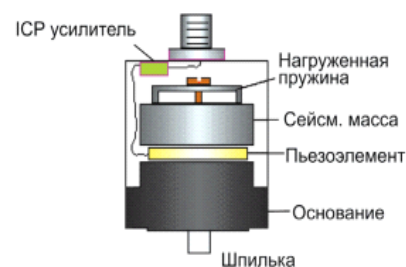
Измерения по настоящей методике не являются прямыми. В сфере государственного регулирования ОЕИ следует использовать аттестованную методику МИ ПКФ-20-063 (ФР.1.36.2021.38873).

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)**.

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



ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКСЕЛЕРОМЕТР

В режимах, перечисленных в таблице В-4, предусмотрена возможность измерения спектров виброскорости с использованием акселерометра. Настоящая методика требует использования этой функции.

Таблица В-4-ВП. Частотные диапазоны для некоторых акселерометров:

Модель	Минимальная частота (для неравномерности АЧХ ± 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	10000	>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	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.

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 м/с^2 (140 дБ отн. 1 мкм/с^2) виброскорость равна 10 мм/с (106 дБ отн. $5 \times 10^{-8} \text{ м/с}$).

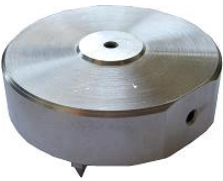
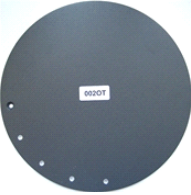
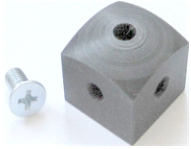
Рекомендуемые модели портативных виброкалибраторов: KB-160, AT01, AT01m, 394C06. **Вибрационный калибратор ВК 16/160 не разрешается применять с приборами, указанными выше.**

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.

Рекомендуемые способы установки

	003ОП/ 004ОП	Платформа напольная для измерений вибрации на полу ⁴ (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/ 004РД	Полужесткий диск для установки 3-компонентного датчика АР2082М (003РД) или АР2038Р (004РД). 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
	АВ-01-1	Восковая мастика для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц

⁴ – 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 от уровней виброускорения в третьоктавах 40 Гц и 63 Гц не более, чем на 3 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 сек, 5 сек, 10 сек**.
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, 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 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 Δ_1 – модуль погрешности измерения в соответствии с Таблицей В-4, Δ_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 чувств-ть, S _{ном} , мВ/мс ⁻²	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. 5x10 ⁻⁸ м/с ² *	Погрешность измерения, не более дБ
ЭКОФИЗИКА-110А	1/3-октавный анализатор МІС 1/3-октавный анализатор МХУZ (канал МІС)	- ИИБ (измерительно-индикаторный блок) - Адаптер 110А-ІЕРЕ		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> • Синусоидальный сигнал ± 1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ±1,4 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). • Широкополосная безударная вибрация: ± 1,4 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ± 1,5 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений) • Ударная вибрация: не установлена
		- 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)	
		- 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), - 23...111 (1 кГц)	
ЭКОФИЗИКА-110А ЭКОФИЗИКА-111В ЭКОФИЗИКА-110В	1/3-октавный анализатор МХУZ (каналы X, Y, Z) 1/3-октавный анализатор ХУZ	- ИИБ (измерительно-индикаторный блок) - Вибропреобразователи АР2038Р-10, 1V151НС-10, АР2037-10, 1V102НВ-10, 1V102ТВ-10 - Вибропреобразователи АР2098, АР98, АР2082М, АР2038Р-100, АР2038-100, 1V151НС-100, АР2037-100, 1V102НВ-100, 1V102ТВ-100 - Вибропреобразователи АР2099-100, 1V101НВ-100, 1V154НС-100 - Вибропреобразователь АР2006-500 - Вибропреобразователь 1V401НС-500	 1 10 10 50 50	Диапазон измерения – единый 90 ... 194 (1 Гц), 70 ... 174 (10 Гц), 50 ... 154 (100 Гц), 30 ... 134 (1 кГц) 70 ... 174 (1 Гц), 50 ... 154 (10 Гц), 30 ... 134 (100 Гц), 10 ... 114 (1 кГц) 52 ... 174 (1 Гц), 32 ... 154 (10 Гц), 20 ... 134 (100 Гц), 0 ... 114 (1 кГц) 37 ... 161 (1 Гц), 20 ... 141 (10 Гц), 0...121 (100 Гц), -20...101 (1 кГц) 37 ... 161 (1 Гц), 40... 171 (1 Гц), 23 ... 151 (10 Гц), 3...131 (100 Гц), - 23...111 (1 кГц)	

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

Для несинусоидальных сигналов с пик-фактором k верхние пределы линейных диапазонов изменяются на величину Δ_{пф}.

$$\Delta_{пф} = 20 \lg \left(\frac{\sqrt{2}}{k} \right) \quad (\text{дБ})$$

Приложение №1. Список терминов, употребляемых в технической документации ПО «Октава-ЭлектронДизайн»

Функциональные, общетехнические и метрологические термины

Автозамер	<p>В приборах ЭКОФИЗИКА-110А (Белая), ЭКОФИЗИКА-110В (Белая), ЭКОФИЗИКА-111В, ОКТАВА-111 – 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+.</p> <p>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.</p>
Автозапись	<p>В приборах ОКТАВА-101АМ, 101В, 110А - автоматическая запись в память результатов измерений с заданным шагом по времени.</p>
Автокалибровка	<p>В приборах серий ЭКОФИЗИКА – 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.</p> <p>В некоторых моделях предыдущего поколения (ОКТАВА-110А, 101АМ и др.) близкая по содержанию процедура называлась «внешняя калибровка».</p>
Адаптер прямого входа	<p>В приборах серий ОКТАВА и ЭКОФИЗИКА – 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.</p>
Групповая запись	<p>В приборах ЭКОФИЗИКА-110А (Белая), ЭКОФИЗИКА-110В (Белая), ЭКОФИЗИКА-111В – тип записи в памяти, при использовании которого несколько последовательных сохраняемых в ручном режиме наборов результатов измерений записываются в единый файл.</p>
Запись в блокнот	<p>В приборах ЭКОФИЗИКА-110А (Белая), ЭКОФИЗИКА-110В (Белая), ЭКОФИЗИКА-111В – 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.</p>
Запись сигнала	<p>В приборах серий ЭКОФИЗИКА – 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).</p>
Измерительно-индикаторный блок (ИИБ)	<p>Часть средства измерения, которое обеспечивает обработку входных сигналов (например, цифровое преобразование, фильтрацию), определение значений измеряемых величин и их отображение на индикаторном устройстве.</p>

Калибровка	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").
Калибровочная поправка	Отклонение (в децибелах) фактического коэффициента преобразования прибора от номинального значения.
Калибровка. Номинальная чувствительность	В приборах группы ОКТАВА-ЭлектронДизайн - приписываемое по умолчанию значение коэффициента преобразования измерительного тракта (например, 50 мВ/Па, 10 мВ/мс ⁻²), относительно которого определяется калибровочная поправка. В приборах серий ЭКОФИЗИКА номинальная чувствительность может настраиваться пользователем.
Диапазон измерений	МЭК 61260-1, ГОСТ Р 8.714: 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). <i>РМГ 29-2013: Множество значений величин одного рода, которые могут быть измерены данным средством измерений или измерительной системой с указанными инструментальной неопределенностью или указанными показателями точности при определенных условиях.</i>
Диапазон линейный рабочий	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)
Диапазон опорный	Диапазон шкалы (уровней), указанный для испытания электроакустических характеристик шумомера (виброметра, анализатора, фильтра) и включающий в себя опорный уровень.
Диапазон шкалы (уровней)	Номинальный интервал уровней, измеряемых при определенном положении элементов управления прибора.
Многошаговый откат	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 <i>Backerasing</i>).
Мультизапись	В приборах серий Экофизика-110А/В (Белая) и Экофизика-111В - 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».
Октава, октавное отношение	Октава: в акустике – обозначение полосы частот, у которой отношение верхней граничной частоты к нижней граничной частоте равно октавному отношению.

	<p>Октавное отношение: номинальное октавное отношение равно 2. Точное стандартизованное октавное отношение по МЭК 61260-1:</p> $G = 10^{3/10}$
Проверка	<p>Совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям (Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений").</p>
Оперативная история, предыстория	<p>В некоторых изделиях объединения Октава-ЭлектронДизайн, таких как, ОКТАВА-121, ЭКОФИЗИКА-110А («Белая»), Экофизика-110В («Белая»), Экофизика-111В, ПО ReportXL, - содержимое специального буфера оперативной памяти, в котором временно содержатся результаты измерений за небольшой период времени, предшествующий текущему моменту. Эти результаты могут быть использованы для оперативной постобработки. После сброса буфер оперативной истории обнуляется.</p>
Оперативная постобработка	<p>Расчеты, выполняемые внутри прибора или ПО Signal+, по данным оперативной истории (см. «оперативная история»). Примером такой обработки является постобработка хронограмм предыстории в приборах Экофизика-110А/110В (исполнение «Белая») и 111В.</p>
Хронограмма	<p>Графическое представление изменения значения какой-либо измеренной величины от времени.</p>

Акустические и виброметрические термины

Акселерометр	<p>В виброметрии – вибропреобразователь виброускорения (см. вибропреобразователь).</p>
Акселерометр одно-компонентный	<p>Однокомпонентный акселерометр (АР2098, АР2037, АР2099) позволяет измерить только компоненту вибрации в одном направлении (ось чувствительности такого датчика ортогональна плоскости основания).</p>
Акселерометр трёх-компонентный	<p>Трёхкомпонентный датчик (например, АР2082М, АР2038Р) содержит три взаимно перпендикулярных чувствительных элемента и одновременно измеряет все три составляющих виброускорения. При установке на объект трёхкомпонентный датчик нужно ориентировать так, чтобы направления осей чувствительности X, Y, Z совпадали с интересующими направлениями вибрации.</p>
Акустический калибратор	<p>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).</p> <p>С приборами серий ОКТАВА и ЭКОФИЗИКА допускается использовать калибратор АК-1000, CAL200, 4230, 4221. НЕ ДОПУСКАЕТСЯ использовать калибратор ЗАЩИТА-К.</p>
Анализатор спектра	<p>В виброакустике: средство измерения спектра, то есть частотное распределение энергии (мощности, плотности энергии или плотности мощности), амплитуды или фазы акустического или вибрационного сигнала. На практике А.С. 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>

Быстрое преобразование Фурье, БПФ	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 2^N .
Вибрация	<p>Движение точки или механической системы, при котором происходят колебания (поочередные возрастания и убывания во времени) характеризующих его скалярных величин (ГОСТ 24346-80).</p> <p>К вибрации часто относят также ударные процессы:</p> <p>Удар – всплеск ускорения короткой длительности (ГОСТ ISO/TS 15694).</p>
Вибрация локальная (Hand-Arm vibration)	<p>ГОСТ 12.1.012-2014: Вибрация, передаваемая через кисти рук человека в местах контакта с управляемой машиной или обрабатываемым изделием.</p> <p>СанПиН 2.2.4.3359-16*: Вибрация, передающаяся через руки, ступни ног сидящего человека и на предплечья, контактирующие с вибрирующими рабочими поверхностями</p> <p><i>*отменены на момент издания данной МИ.</i></p>
Вибрация общая (Whole-Body vibration)	<p>ГОСТ 12.1.012-2004: Вибрация, передаваемая на тело стоящего, сидящего или лежащего человека в точках его опоры (ступни ног, ягодицы, спина, голова).</p> <p>СанПиН 2.2.4.3359-16*: Вибрация, передаваемая на тело через опорные поверхности: для стоящего - через ступни ног, для сидящего - через ягодицы, для лежащего человека - через спину и голову.</p> <p>Вибрацию в помещениях жилых и общественных зданий традиционно также называют общей вибрацией, хотя её измерение не соотносится с расположением опорных поверхностей человека.</p> <p><i>*отменены на момент издания данной МИ</i></p>
Виброперемещение, виброскорость, виброускорение	<p>Виброперемещение - составляющая перемещения, описывающая вибрацию (ГОСТ 24346).</p> <p>Виброскорость – производная виброперемещения по времени.</p> <p>Виброускорение – производная виброскорости по времени.</p>
Виброускорение полное	<p>Для общей вибрации: 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 a_{wx}, a_{wy}, a_{wz} - среднеквадратичные значения скорректированного виброускорения, вдоль направлений осей координат x, y и z соответственно; k_x, k_y, k_z - весовые коэффициенты. В настоящее время в РФ этот параметр не используется для гигиенической оценки вибрации.</p> <p>Для локальной вибрации: 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>Виброускорение. Частотные коррекции</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/n-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, действующей на человека, используют фильтры частотных коррекций, требования к которым установлены в ГОСТ ИСО 8041.</p> <p>Wk – общая вибрация в направлении Z</p> <p>Wd – общая вибрация в направлениях X,Y</p> <p>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)</p> <p>Wb – для оценки комфорта пассажиров Ж/Д транспорта</p> <p>Wh – локальная вибрация.</p>
<p>Виброускорения уровень, уровень виброускорения</p>	<p>Уровнем виброускорения L_a 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 a – виброускорение (в м/с²), $a_0=10^{-6}$ м/с² - опорный уровень.</p> <p>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 $3 \cdot 10^{-4}$, $3.14 \cdot 10^{-4}$ м/с²</p>
<p>Текущие и максимальные СКЗ корреktированного ускорения</p>	<p>Текущее СКЗ корреktированного 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 θ принимает значения 1 сек, 5 сек, 10 сек.</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 τ отсчитывается от момента запуска измерений или от момента последнего сброса. Значения τ для различных измерительных программ приведены в их спецификациях.</p>
<p>Максимальное текущее средне-</p>	<p>Максимальное значение текущего среднеквадратичного значения корреktированного ускорения для периода интегрирования θ, равного 1 с. (ГОСТ ИСО 8041).</p>

квадратичное виброускорение (MTVV)	В приборах серий ОКТАВА и ЭКОФИЗИКА термину <i>MTVV</i> соответствуют величины МАХ СКЗ-1с скорректированного ускорения общей вибрации.
Пиковое скорректированное виброускорение	Максимальное значение модуля скорректированного мгновенного ускорения на периоде измерения. В приборах серий ЭКОФИЗИКА пиковое ускорение измеряется как за полное время измерения (глобальный пиковый уровень/значение), так и за последние 1с, 5с, 10с («текущий пиковый уровень» - обозначение PkT). Примечание: не следует путать пиковое ускорение с максимальным среднеквадратичным ускорением.
Доза вибрации VDV	<p>Величина, представляющая собой интеграл четвертой степени скорректированного ускорения, выражаемая в $\text{м/с}^{1,75}$ и определяемая формулой</p> $VDV = \left(\int_0^T a_w^4(t) dt \right)^{1/4}$ <p>где $a_w(t)$ - мгновенное значение скорректированного виброускорения, $[\text{м/с}^2]$; T - период измерений, $[\text{с}]$.</p> <p>В Европе величина VDV используется для нормирования общей вибрации на рабочих местах. В Российской Федерации величина VDV не используется для гигиенического нормирования.</p> <p>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).</p>
Вибрационная экспозиция A(8)	<p>Для локальной вибрации – полное виброускорение, приведенное к продолжительности рабочей смены:</p> $A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$ <p>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_0 - продолжительность рабочей смены (ГОСТ 31192.1).</p>
Вибропреобразователь (vibration transducer)	<p>Первичный преобразователь (датчик, сенсор), выходной электрический сигнал которого или одна из электрических характеристик однозначно определяют значение измеряемого параметра вибрации (ГОСТ 30296-95).</p> <p>Устройство для преобразования измеряемого механического движения, например, ускорения в заданном направлении, в величину, удобную для измерения или записи (ГОСТ ISO 16063-1-2013).</p>
Вибропреобразователь со встроенной электроникой (IEPE, ICP)	<p>Пьезоакселерометр, в который интегрирована электронная схема согласования импедансов (преобразует высокоимпедансный сигнал пьезоэлектрической сенсорной части в низкоимпедансный – порядка 100 Ом – выходной сигнал), соответствующая спецификации IEPЕ. Питание встроенной электроники IEPЕ осуществляется постоянным током от 2 до 20 мА с напряжением от 18 до 30 В (DC). Отличительной особенностью IEPЕ–принципа является то, что питание датчика и передача полезного сигнала осуществляется по одной и той же однопроводной экранированной линии. IEPЕ – 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 IEPЕ датчиков и</p>

	<p>поэтому также могут обозначаться как IEPЕ (ICP) преусилители.</p> <p>Некоторые производители выпускают изделия по технологии IEPЕ с использованием собственных торговых марок: ICP(R) (PCB Piezotronics, США), Deltatron (R) (Bruel&Kjaer, Дания), Isotron (R) (Endevco, США).</p>
Виброкалибратор	<p>Устройство для воспроизведения вибрации с заданными характеристиками в целях определения или проверки метрологических характеристик средств измерения вибрации.</p>
Звук	<p>Физическое явление, представляющее собой распространение в виде упругих волн механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде.</p>
Звуковое давление	<p>Разность между мгновенным суммарным давлением и соответствующим статическим давлением (ГОСТ Р 53188.1, МЭК 61672-1).</p>
Уровень звукового давления	<p>Десять десятичных логарифмов отношения среднего по времени квадрата звукового давления к квадрату опорного звукового давления.</p> $L_p = 10 \lg \left(\frac{P^2}{P_0^2} \right)$
Микрофон	<p>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 преусилителя. Однако на практике микрофоном могут также называть только микрофонный капсюль.</p>
Микрофонный капсюль	<p>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).</p> <p>На практике, а также в некоторых стандартах, микрофонные капсюли называют просто микрофонами.</p>
Микрофонный преусилитель	<p>Часть микрофона, которая обеспечивает преобразование высокоимпедансного выходного сигнала микрофонного капсюля в низкоимпедансный сигнал. Для микрофонов с внешней поляризацией используются преусилители, которые также обеспечивают подачу поляризационного напряжения.</p>
Октавный фильтр, 1/п-октавный фильтр	<p>Октавный фильтр - полосовой фильтр, у которого отношение верхней граничной частоты к нижней граничной частоте равно октавному отношению (МЭК 61260-1)</p> <p>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.</p>
Основное затухание (фильтра)	<p>Номинальное затухание фильтров в полосе пропускания, указанное для определения относительного затухания.</p> <p>Затухание фильтра - разность (в дБ) между уровнем входного сигнала и уровнем</p>

	соответствующего выходного сигнала.
Относительное затухание (фильтра)	Разность между затуханием фильтра и основным (номинальным) затуханием.
Полосовой фильтр	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).
Уровень звука Корректированный по A, C, Z уровень звука, частотная коррекция (шумомера)	<p>Уровень звука: Объективная характеристика человеческого восприятия силы звука.</p> <p>Уровень корректированного по частоте квадрата звукового давления с учетом временной коррекции или усреднения по времени. (ГОСТ Р 53188.1).</p> <p>Частотная коррекция, дБ: 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.</p> <p>Используемые в шумомерах частотные коррекции A и C приблизительно соответствуют кривым равной громкости для умеренных и очень сильных акустических сигналов.</p>
Уровень звука с временной коррекцией Временные коррекции S, F, I	<p>Десять десятичных логарифмов отношения усредненного с учетом временной коррекции квадрата звукового давления к квадрату опорного звукового давления:</p> $L_{AX}(t) = 10 \lg \left[\frac{(1/\tau_X) \frac{1}{\tau_X} \int_{-\infty}^t p_A^2(\xi) e^{-(t-\xi)/\tau_X} d\xi}{p_0^2} \right]$ <p>где</p> <p>τ_X - экспоненциальная постоянная времени для временных характеристик F или S, с;</p> <p>ξ - переменная интегрирования от некоторого времени в прошлом, которое обозначено как нижний предел интегрирования, до времени наблюдения t;</p> <p>$p_A(\xi)$ - мгновенное корректированное по A (C, Z) звуковое давление;</p> <p>p_0 - опорное звуковое давление (20 мкПа).</p> <p>Временной коррекции S соответствует константа $\tau = 1$ с.</p> <p>Временной коррекции F соответствует константа $\tau = 0,125$ с.</p> <p>Уровень звука с временной коррекцией приблизительно совпадает с текущим средним по времени уровнем звука с интервалом усреднения 2τ.</p> <p>Временным коррекциям F и S на индикаторе шумомера могут также соответствуют метки FAST и SLOW (быстро и медленно) соответственно.</p> <p>Временная характеристика I (IMPULSE) представляет собой комбинацию функции временной коррекции с очень маленькой постоянной времени и специального дополнительного детектора. Нормативное значение постоянной времени τ для</p>

	<p>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.</p> <p>Временной характеристике I на индикаторе шумомера соответствуют метки I или Imp.</p>
Текущий корреktированный уровень звука с временной коррекцией	Измеренный в данный момент времени корреktированный по A (C, Z,...) уровень звука с временной коррекцией S (I, F).
Максимальный уровень звука	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.
Минимальный уровень звука	Термин "минимальный уровень звука" не является стандартизованным. В шумомерах серий Октава и Экофизика этот термин понимается как наименьший корреktированный уровень звука с временной коррекцией, на интервале времени, которые начинается с небольшой задержкой (несколько секунд) после запуска измерения и заканчивается текущим моментом времени.
Пиковое звуковое давление	ГОСТ Р 53188.1-2019: Наибольшее абсолютное значение мгновенного (отрицательного или положительного) звукового давления на заданном интервале времени.
Пиковый уровень звука	ГОСТ Р 53188.1-2019: Десять десятичных логарифмов отношения квадрата пикового корреktированного по частоте звукового давления к квадрату опорного значения 20 мкПа.
Средний по времени (эквивалентный) уровень звука	<p>ГОСТ Р 53188.1-2019. Десять десятичных логарифмов отношения среднего по времени квадрата корреktированного по частоте звукового давления на заданном временном интервале к квадрату опорного значения.</p> <p>Средний по времени корреktированный по A уровень звука обозначают L_{AT} или L_{Aeq} 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</p> <p>ξ- переменная интегрирования по интервалу времени усреднения, который заканчивается в момент времени наблюдения t;</p> <p>T – временной интервал усреднения (для эквивалентного уровня за всё время измерения T=t);</p> <p>$p_A(\xi)$ – мгновенное корреktированное по A звуковое давление;</p> <p>p_0 - опорное значение, равное 20 мкПа.</p>

	<p>Аналогично определяются скорректированные по A, C, Z уровни звука и уровни звукового давления в октавных и третьоктавных полосах частот.</p> <p>Примечание: Функция временной коррекции не используется в определении среднего по времени уровня звука.</p>
<p>Текущий средний по времени эквивалентный уровень звука $L_{p,1s}$</p>	<p>В приборах ОКТАВА-111, ЭКОФИЗИКА-110А - Эквивалентный уровень звука за последнюю секунду.</p> <p>Частота обновления текущих средних по времени уровней звука на показывающем устройстве и в канале телеметрии составляет примерно 3 Гц.</p>
<p>Уровень звукового воздействия</p>	<p>Интеграл по времени от квадрата звукового давления за указанный интервал времени или событие заданной продолжительности.</p> <p>Скорректированное по А звуковое воздействие $E_{A,T}$ вычисляют по формуле</p> $E_{A,T} = \int_0^T p_A^2(t) dt$ <p>$p_A^2(t)$ - квадрат мгновенного скорректированного по А звукового давления на интервале времени T.</p> <p>Примечание: Для таких приложений, как измерение шума на рабочем месте, звуковое воздействие удобнее выражать в Па²ч, а не в Па²с.</p> <p>Аналогично вычисляется звуковое воздействие для других частотных коррекций.</p> <p>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</p> <p>$E_{A,T}$ - скорректированное по А звуковое воздействие на интервале времени T, Па²с;</p> <p>E_0 – опорное звуковое воздействие, равное $(20 \text{ мкПа})^2 \times (1 \text{ с}) = 400 \times 10^{-12} \text{ Па}^2\text{с}$;</p> <p>T – интервал времени измерения в секундах;</p> <p>T_0 - опорное время для измерения уровня звукового воздействия, равное 1 с.</p> <p>Примечание: Средний по времени скорректированный по А уровень звука $L_{Aeq,T}$ для интервала времени T связан с соответствующим скорректированным по А уровнем звукового воздействия за этот интервал соотношением:</p> $E_A = (p_0^2 T) (10^{0,1 L_{Aeq,T}}) \text{ или}$ $L_{Aeq,T} = 10 \lg \left[\frac{E_A}{p_0^2 T} \right] = L_{AE,T} - 10 \lg \left(\frac{T}{T_0} \right)$

Усреднение	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 « 2τ », где, « τ » - константа экспоненциального усреднения.
Усреднения время, время усреднения	Для линейного усреднения – продолжительность интервал времени, на котором рассчитывается среднеквадратичное значение. В случае экспоненциального усреднения (временной коррекции) результат представляет собой приближенное среднеквадратичное значение за время усреднения 2τ , где τ – временная константа (0,125 с для временной коррекции F / «быстро», 1,0 с для временной коррекции S / «медленно»).
Шумомер	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). Для первичных преобразователей – уровень сигнала, который создает преобразователь при фактическом отсутствии полезного сигнала исследуемой величины.
Шумы собственные, уровень собственных шумов	Для шумомеров : 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.
Характеристика амплитудно-частотная, амплитудно-частотная характеристика (АЧХ)	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.
Характеристика фазовая частотная, фазовая характеристика	Зависимость фазы выходного сигнала системы от частоты входного сигнала.
Характеристика частотная относительная	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 капсулей и принадлежностей при прямых измерениях уровней звука (УЗ) и звукового давления (УЗД)

При измерениях уровней звукового давления в октавных (третьоктавных) полосах у некоторых пользователей возникают сложности и недопонимание по использованию формул для расчёта величины УЗД $L_{изм}(f)$ (результат измерения уровня звукового давления в 1/n-октавной полосе с центральной частотой f) и для учета 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. Об учете поправок неравномерности частотных характеристик для микрофонных капсулей

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

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

Здесь

1. $L_{инд}(f)$ – значение УЗД, зарегистрированное на индикаторе индикаторного блока (показания прибора).

2. $\Delta L_{микр}(f)$ – поправка микрофонного капсуля по свободному полю для частоты f . Данную поправку на АЧХ следует брать из свидетельства о первичной калибровке микрофонного капсуля, а при наличии протокола испытаний микрофонного капсуля, который выдается при проверке в метрологической службе ООО «ПКФ Цифровые приборы», – из последнего. Например, от производителя микрофонные капсули могут комплектоваться свидетельством о первичной калибровке капсуля микрофонного. В свидетельстве указываются **поправки** неравномерности частотных характеристик для конкретного микрофонного капсуля (рисунок 1):