



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

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

МИ ПКФ-12-006
Методика измерений

Приложение к руководствам по эксплуатации

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

Редакция 18



**ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«ОКТАВА-ЭЛЕКТРОНДИЗАЙН»**

ООО «ПКФ Цифровые приборы»

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

**МИ ПКФ-12-006
Методика измерений**

Приложение к руководствам по эксплуатации

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

РЕДАКЦИЯ 18

Москва 2026

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

г. Москва, ул. Годовикова, д. 9, Технопарк «Калибр», uc@octava.info

ООО «ПКФ Цифровые приборы»

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

Адрес для переписки:

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

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

e-mail: info@octava.info

www.octava.info

Оглавление

| | |
|---|-----------|
| 1. Введение вибрации | 4 |
| 2. Методика однократного прямого измерения уровня звука | 6 |
| 3. Методика однократного прямого измерения корректированного ускорения общей и локальной вибрации | 10 |
| 4. Методика однократного прямого измерения уровней ускорения в октавных и третьоктавных полосах частот | 20 |
| 5. Методика однократного прямого измерения уровня звукового давления в октавных (третьоктавных) полосах частот в диапазоне 31,5–16 000 Гц (25–20 000 Гц) | 28 |
| 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 | 34 |
| 7. Методика однократного прямого измерения уровня звукового давления в третьоктавных полосах частот в диапазоне 12 500–100 000 Гц | 39 |
| 8. Методика однократного прямого измерения уровней виброскорости с датчиком AV-01 | 42 |
| 9. Методика однократного измерения уровней виброскорости в третьоктавных полосах частот с использованием акселерометров | 46 |
| Приложение № 1. Список терминов, употребляемых в технической документации ПО «Октава-ЭлектронДизайн» | 51 |
| Приложение № 2. Учет особенностей микрофонных капсюлей и принадлежностей при прямых измерениях звукового давления (УЗД) | 63 |
| Приложение № 3. Учёт особенностей вибропреобразователей при прямых измерениях уровней ускорения в октавных и третьоктавных полосах частот | 71 |
| Дополнение № 1. О приборах Октава-110А (ЭКО), Октава-110В (ЭКО), Экофизика вибрации | 76 |

Настоящая редакция методики МИ ПКФ-12-006 № 18 вступает в силу взамен методики МИ ПКФ-12-006 № 17. Для применения настоящей редакции не требуется:

- *дополнительное оснащение испытательным оборудованием и средствами измерений;*
- *повышение квалификации работников.*

Измерительные процедуры, изложенные в настоящей редакции, идентичны измерительным процедурам, предусмотренным предыдущими редакциями методики МИ ПКФ-12-006.

Методика МИ ПКФ-12-006 является неотъемлемой частью руководств по эксплуатации ПКДУ.411000.005РЭ, ПКДУ.411000.003РЭ, ПКДУ.411000.001РЭ (АВНР.411171.007РЭ), ПКДУ.411000.001.02РЭ, ПКДУ.411000.001.03РЭ, ПКДУ.411000.002.01РЭ, РЭ 4381-003-76596538-06, РЭ 4381-002-76596538-05, РЭ 4277-002-76596538-05

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 вибрации в контрольной точке имели такое-то значение с такой-то точностью.

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

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

Как пользоваться этим документом

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

Для удобства пользователей в каждом разделе приведены сводные таблицы диапазонов и погрешностей однократных измерений. Этими таблицами можно руководствоваться также для подготовки протоколов измерений (с учетом фактической чувствительности

применяемых первичных преобразователей), формирования области аккредитации и паспорта лаборатории и т. п.

Показателем точности измерений в данной методике является погрешность.

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

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

Указанные в таблицах настоящего документа предельные значения погрешности следует рассматривать в качестве границ 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:

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

Если границы НСП несимметричны, то неопределенность рассчитывают по формуле:

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

Для оценки границ интервалов неопределенности прямых измерений $L_{\text{изм}}$ следует руководствоваться следующими соотношениями:

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

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

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

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

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

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

При реализации методик, изложенных в этом документе промежуточные вычисления ведутся с точностью не хуже сотых долей децибелов (дБ), а итоговые значения оценки измеренной величины и показателей точности (погрешность, неопределенность) приводятся с точностью до десятых долей дБ.

В зависимости от целей измерения конечный результат может быть представлен с округлением до целых дБ.

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 HF** для приборов **Экофизика-110А** и **Экофизика** микрофонный предусилитель следует подключать исключительно через удлинительный кабель.

В тех случаях, когда присутствие оператора в измерительной точке может привести к искажению результатов или затруднено по иным причинам, микрофонный предусилитель устанавливается в нужном месте с помощью штатива, например **TRP001R**, и подсоединяется к индикаторному блоку с помощью удлинительного кабеля. При измерениях на открытом воздухе целесообразно использовать ветрозащиту **W2** или **W3**. Однако, если скорость ветра (скорость движения воздуха) превышает $3\div 4$ м/с, результаты измерения будут искажены. **Дополнительная погрешность измерения уровня звука при использовании ветрозащиты не превышает $\pm 0,2$ дБ.**

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

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

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

4. Приборы серий **Октава** и **Экофизика** в комплекте с микрофонными капсулями **ВМК-205, МК-265, МК-233, ВМК-201 (М-201)** и их аналогами (например, **В&К 4165, GRAS 40AN, LD 2541, LD 2540, BSWA MP201, ZT-333, ZT-343, МК-221**) измеряют уровень звука и звукового давления, которые были бы в измерительной точке свободного звукового поля в отсутствие микрофона. Главная ось микрофона перпендикулярна мембране микрофонного капсуля и направлена по оси предусилителя. При измерениях в свободном поле главная ось микрофона должна быть направлена на источник звука (если иное не предусмотрено явно методом исследования).
5. При измерении шума в ручном режиме оператор должен находиться на расстоянии не менее чем 50 см от микрофона так, чтобы отражения от его тела не сказывались на результатах.

6. После включения шумомера и напряжения поляризации необходимо выждать не менее 60 секунд, прежде чем начинать измерения.
7. Измерение запускается клавишей **СТАРТ**. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя (при наличии).
8. Текущие показания уровней звука с временными коррекциями **F, S, I** считываются на индикаторе шумомера рядом с метками **Fast, Slow, Imp**.
9. Максимальные уровни звука с временными коррекциями **F, S, I** считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Max**.
10. Средний по времени (эквивалентный) уровень звука считывается на индикаторе шумомера рядом с меткой **Leq**. В последней строке индикаторного экрана считывают продолжительность измерения (усреднения по времени) эквивалентного уровня и уровня звукового воздействия.
11. Уровень звукового воздействия считывается на индикаторе рядом с меткой **LE**.
12. Пиковый уровень звука считывается на индикаторе рядом с меткой **Pk (Peak)**.
13. Диапазоны и погрешности измерения уровней звука приведены в **Таблице УЗ-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.

Источником дополнительных погрешностей Δ_k могут быть дополнительные принадлежности или влияние внешних факторов – температуры, давления, влажности. В частности, указанные в **Таблице УЗ-ДП-1**.

Таблица УЗ-ДП-1. Пределы дополнительной погрешности

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

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

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

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

| Модель | Режим измерения | Комплек- тация | Номинальная чувстви- тельность, $S_{ном}$, мВ/Па | Диапазон измерения при номи- нальной чувстви- тельности* | Погрешность** измерения, не более, дБ |
|------------------------------------|-----------------|---|---|--|---|
| 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"> • 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 выполнении условия, $F_{Max} - S_{Max} < 6$ дБ); ±1,1 дБ (при невыполнении условия, $F_{Max} - S_{Max} < 6$ дБ). • 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 | 22–145 дБА, 27–145 дБС, 31–145 дБZ | |
| | | Микрофон М-201, МК-233 | 14 | 33–156 дБА, 38–156 дБС, 42–156 дБZ | |
| | | Микрофон ВМК-201 | 12,5 | | |
| Октава-110А-ЭКО Октава-110А | Эко-Звук-110А | ИИБ ОКТАВА-110А-ЭКО или ОКТАВА-110А Предусилитель Р200/Р200(К) Калибратор АК-1000 Кабель ЕХС00ХR (опция) | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | <ul style="list-style-type: none"> • 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 | |
| | Звук+ | Микрофон М-201, МК-233 | 14 | 33–150 дБА, 38–150 дБС, 42–150 дБZ | |
| | | Микрофон ВМК-201 | 12,5 | | |

| | | | | | |
|-----------------------------------|--|--|---|---|------------------------------------|
| Октава - 111 | ИИБ ОКТАВА-111 Предусилитель P200/P200(К) Калибратор АК-1000 Кабель EXC00XR (опция) | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | <ul style="list-style-type: none"> • Тональный и широкополосный шум, не содержащий импульсов: $\pm 0,6$ дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); $\pm 0,9$ дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). • Импульсный шум: $\pm 0,6$ дБ (при выполнении условия, $F_{Max} - S_{Max} < 6$ дБ); $\pm 1,0$ дБ (при невыполнении условия, $F_{Max} - S_{Max} < 6$ дБ). | |
| | Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZT-333) | 50 | 19–140 дБА, 18–140 дБАУ, 21–140 дБС, 24–140 дБZ | | |
| | Микрофон М-201, МК-233 | 14 | 30–151 дБА, 29–151 дБАУ, 32–151 дБС, 35–151 дБZ | | |
| | Микрофон ВМК-201 | 12,5 | 32–151 дБС, 35–151 дБZ | | |
| Эко-физика Эко-физика-110А | Эко-Звук | ИБ Экофизика-D или ИБ Экофизика-D ИМ 110А или HF Предусилитель P200/P200(К) Калибратор АК-1000 Кабель EXC00XR (опция) | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | <ul style="list-style-type: none"> • Синусоидальный сигнал частоты 1000 Гц: $\pm 0,7$ дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); $\pm 1,0$ дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). • Постоянный и колеблющийся шум: $\pm 0,7$ дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); $\pm 0,9$ дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). • Импульсный шум: $\pm 0,7$ дБ (при выполнении условия, $F_{Max} - S_{Max} < 6$ дБ); $\pm 1,1$ дБ (при невыполнении условия, $F_{Max} - S_{Max} < 6$ дБ). • Погрешность измерения пикового уровня: $\pm 1,0$ 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 ВМК-201 | 12,5 | | | |
| | Эко-Звук-ЭФБ-110А | Микрофон МК-301, 4135 | 5 | | 42–159 дБА, 47–159 дБС, 51–159 дБZ |
| | | Микрофон ВМК-401, ВМК-402А, 4136 | 1,5-1,6 | | 51–168 дБА, 56–168 дБС, 60–168 дБZ |
| | | Микрофон МС-402А | 0,4 | | 60–176 дБА, 64–176 дБС, 67–176 дБZ |

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

** Здесь и далее для выражения погрешности приведены границы неисключенной систематической погрешности.

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

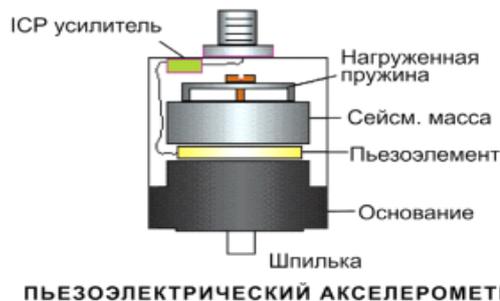
Средства измерения указаны в **Таблице В-1**.

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

Чувствительным элементом

пьезоакселерометра является пьезокристалл с присоединенной массой. При вибрации масса по инерции давит на пьезокристалл, поэтому на гранях последнего возникает электрический заряд (явление «пьезоэлектричество»).

Величина заряда пропорциональна силе, а следовательно, и ускорению.



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

Датчики, применяемые с приборами серий **Октава** и **Экофизика** (**1V151НС, 1V154НС, 1V101НВ, 1V102НВ, 1V401НС, 1V104НА, 1V103ТВ, АР2037, АР98, АР2082, АР2038, ДН-4-Э, АР2099, АР2098, АР2006, и др.**), не имеют описанных недостатков. Они относятся к типу **IEPE (ICP)**. Внутри датчика находится электрическая схема усиления, поэтому их 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 (формирователем сигнала) **A12x-xxx, АР5000-х** или **AQ05**.

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

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

Трехкомпонентный датчик содержит три взаимно перпендикулярных чувствительных элемента и одновременно измеряет все три составляющих виброускорения. Направления осей чувствительности вибропреобразователя указаны на маркировке на корпусе датчика. При установке на объект трехкомпонентный датчик нужно ориентировать так, чтобы направления осей чувствительности **X, Y, Z** совпадали с интересующими направлениями вибрации. В Таблице В-1-ВП приведены рекомендации по выбору датчика 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: КВ-160, АТ01, АТ01m, 394С06. ***Вибрационный калибратор ВК 16/160 не разрешается применять для выполнения калибровки или проверки калибровки вибрационных трактов приборов, указанных выше.***

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

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

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

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

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

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

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

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

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

| Датчик | Тип вибрации | | | | |
|--|--|--|--|---|--|
| | Транспортная и транспортно-технологическая вибрация (сиденья) | Вибрация на полу | Локальная вибрация (рычаги управления, рулевое управление, неударный инструмент) | Сильная локальная вибрация (ударный инструмент, шлифовальные машины, заточные станки и т. п.) | Вибрация на грунте (строительные работы, рельсовый и дорожный транспорт, деятельность ГОК и т. п.) |
| 1V151HC-100 (100 мВ/г), трехкомпонентный | Оптимально. Адаптер: 003РД | Производственные и коммунальные вибрации (исключая очень слабые). Адаптер: 003ОП, 004ОП | Допускается использование. Адаптеры: 002КР, 022КБ | Не рекомендуется | Допускается использование. Адаптер 004ОП, АМ-01-ОКТ, ММ-01-ОКТ, Адаптер 005ГР* |
| AP2082M-100 (100 мВ/г), трехкомпонентный | Оптимально. Адаптер: 003РД | Производственные и коммунальные вибрации (исключая очень слабые). Адаптер: 003ОП, 004ОП | Допускается использование. Адаптеры: 002КР, 022КБ | Не рекомендуется | |
| 1V154HC-100 (100 мВ/г), трехкомпонентный | Не рекомендуется. Не совместим с 003РД | Оптимально. Производственные и коммунальные вибрации (включая очень слабые). Адаптер: 003ОП, 004ОП | Не рекомендуется | Не рекомендуется | Оптимально. Адаптер 004ОП, АМ-01-ОКТ, ММ-01-ОКТ, Адаптер 005ГР* |
| 1V151HC-10 (10 мВ/г), трехкомпонентный | Оптимально. Адаптер: 003РД, 002ОТ | Сильные вибрации выше 10 мм/с ² . Адаптер: 003ОП, 004ОП | Допускается использование. Адаптеры: 002КР, 022КБ | Допускается использование. Адаптеры: 002КР, 022КБ | Не рекомендуется |
| AP2038P-10 (10 мВ/г), трехкомпонентный | На жестких и плоских поверхностях. Адаптер: 003РД, 002ОТ | Сильные вибрации выше 10 мм/с ² . Адаптер: 003ОП, 004ОП | Допускается использование. Адаптеры: 002КР, 022КБ | Допускается использование (есть некоторый риск перегрузки). Адаптеры: 002КР, 022КБ | Не рекомендуется |
| AP2099-100, 1V101HB-100 (100 мВ/г), однокомпонентный, | - | Коммунальная вибрация. Слабые вибрации строительных и инженерных конструкций. Адаптер 004ОП | - | - | Оптимально. Адаптер 004ОП, АМ-01-ОКТ, ММ-01-ОКТ, МП-03-ОКТ, 005ГР* |
| AP2037-10, 1V102HB-10, 1V102TB-10 (10 мВ/г), однокомпонентный | Не рекомендуется | Производственные вибрации. Может использоваться для измерений вибрации порядка 10 мм/с ² . Адаптер: 004ОП | Только для ориентировочных измерений | Не рекомендуется | Не рекомендуется |

| | | | | | |
|---|-------------------------|--|-------------------------|---|---|
| <p>AP98, AP2098, AP2037-100, 1V102HB-100, 1V102TB-100 (100 мВ/г), однокомпонентный</p> | | <p>Производственные и коммунальные вибрации. Может использоваться для измерений вибрации порядка 1 мм/с². Адаптер: 004ОП</p> | | | <p>Допускается использование. Адаптер 004ОП, AM-01-ОКТ, МП-03-ОКТ. Адаптер 005ГР*</p> |
| <p>AP2006-500 (500 мВ/г), однокомпонентный, 1V401HS-500 (500 мВ/г), однокомпонентный</p> | - | <p>Сверхслабые низкочастотные вибрации. Адаптер: 004ОП</p> | - | - | <p>Сверхслабые низкочастотные вибрации. Адаптер: 004ОП, 005ГР*</p> |
| <p>ДН-4-Э</p> | <p>Не рекомендуется</p> | <p>Производственные и коммунальные вибрации. Может использоваться для измерений вибрации порядка 1 мм/с². Адаптер: 004ОП</p> | <p>Не рекомендуется</p> | | <p>Оптимально для измерений сильной вибрации Адаптер 004ОП, AM-01-ОКТ, ММ-01-ОКТ, МП-01-ОКТ, 005ГР*</p> |
| <p>AP2031, 1V104HA-100, 1V301TB-10 (-100) однокомпонентный, AP2022, трехкомпонентный</p> | - | - | - | <p>Для установки на тонкие пластины. Способ крепления: клеевой. Мастика</p> | - |

* Адаптер 005ГР служит для установки датчика на грунт и удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 53964-2010

4. Установить вибропреобразователь на вибрирующую поверхность. Рекомендации по установке приведены в **Таблице В-1-АДП**.

Таблица В-1-АДП. Рекомендуемые способы установки

| | | |
|---|----------------|---|
|  | 003ОП 004ОП | Платформа напольная для измерений вибрации на полу ¹ (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 1V151НС, AP2082М или AP2038Р. Применяется для измерений вибрации на любых сиденьях |
|  | 002КР | Адаптер кисти руки (одно положение установки 3-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента |
|  | 001КР | Адаптер кисти руки (три положения установки 1-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента |
|  | 022КР | Адаптер рукоятки для измерений. Зажимается между ладонью и рукояткой вибрирующего инструмента |

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 |
|  | 005ГР | Заостренный железный стержень с тремя площадками со шпильками для крепления датчиков. Стержень забивают в грунт. Применяется для измерений согласно ГОСТ Р 53964-2010. |
|  | АВ-01 | Восковая мастика для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц |

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

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

Крепление на магните может использоваться только для измерений не выше 3–5 кГц. При установке нескольких вибропреобразователей (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 не отличается в большую сторону от уровней виброускорения одновременно в третьоктавах 40 Гц и 63 Гц более, чем на 6 дБ, то считают, что электрическая помеха отсутствует.

Ориентировать трехкомпонентный акселерометр необходимо согласно маркировке на корпусе датчика виброускорения.

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

Поправка 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 из состава виброметра определяются согласно:

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

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

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

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувствительность, $S_{ном}$, мВ/мс ⁻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 Локальная вибрация ЭФБ-110А | ВП AP2037-100 (AP2098, AP98, AP2082M-100, AP2038-100, AP2038P-100, 1V151HC-100, 1V102HB-100, 1V102TB-100) | 10 | 60–174 (Wd), 60–174 (Wk), 58–174 (Wm), 66–174 (Wh) | |
| | Общая вибрация ЭФБ-НФ (канал А) | ВП AP2037-10, AP2038P-10, 1V151HC-10, 1V102HB-10, 1V102TB-10 | 1 | 80–194 (Wd), 80–194 (Wk), 78–194 (Wm), 86–194 (Wh) | |
| | Локальная вибрация ЭФБ-НФ (канал А) | ВП ДН-4-Э | 1,1 | 62–192 (Wd), 60–192 (Wk), 58–192 (Wm), 66–192 (Wh) | |
| | | ВП AP2031-3 | 0,3 | 86–204 (Wd), 90–204 (Wk), 90–204 (Wh) | |
| | | ВП AP2099-100, 1V101HB-100, 1V154HC-100 | 10 | 54–174 (Wd), 54–174 (Wk), 53–174 (Wm) | |
| | | ВП AP2006-500 | 50 | 36–161 (Wd), 36–161 (Wk), 36–161 (Wm) | |
| | | ВП 1V401HS-500 | 50 | 36–161 (Wd), 36–161 (Wk), 36–161 (Wm) | |

| 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-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 | ВП AP2082М-100 (AP2038-100, AP2038P-100, AP2098-100, AP98-100, AP2037-100, 1V151НС-100, 1V102НВ-100, 1V102ТВ-100) | 10 | 60–165 (Wd), 60–165 (Wk), 58–165 (Wm), 66–165 (Wh), 65–165 (Fk), 75–165 (Fh) | |
| Экофизика | | | | | |
| Экофизика-110А | Общая вибрация ЭФБ-НФ (X, Y, Z) | ВП ДН-4-Э | 1,1 | 62–183 (Wd), 60–183 (Wk), 58–183 (Wm), 66–183 (Wh) | |
| Экофизика-110В | | | | | |
| Экофизика-111В | Локальная вибрация ЭФБ-НФ (X, Y, Z) | ВП AP2038P-10, AP2037-10, 1V151НС-10, 1V102НВ-10, 1V102ТВ-10 | 1 | 80–185 (Wd), 80–185 (Wk), 78–185 (Wm), 86–185 (Wh) | |
| | | | | | |
| Экофизика-111В | Локальная вибрация ЭФБ-110В (K1, K2, K3) | ВП AP2031-3 | 0,3 | 86–195 (Wd), 90–195 (Wk), 90–195 (Wh) | |
| | | | | | Общая / Локальная вибрация-Эко-3 |
| | | | | | |
| | | ВП AP2006-500 | 50 | 33–151 (Wd), 33–151 (Wk), 33–151 (Wm) | |
| | | ВП 1V401НС-500 | 50 | 36–151 (Wd), 36–151 (Wk), 36–151 (Wm) | |

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

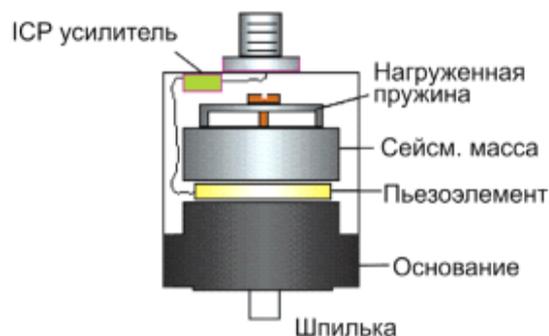
2) Нижний предел диапазона измерений скорректированного ускорения для конкретного датчика может отличаться из-за технологического разброса собственных шумов. В том случае, если собственные шумы акселерометра известны, для измерения уровней вибрации, отличающихся от нижней границы диапазона измерений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

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

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

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

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



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** (**1V151НС, 1V154НС, 1V101НВ, 1V102НВ, 1V401НС, 1V104НА, 1V103ТВ, АР2037, АР98, АР2082, АР2038, ДН-4-Э, АР2099, АР2098, АР2006, и др.**), не имеют описанных недостатков. Они относятся к типу **IEPE (ICP)**. Внутри датчика находится электрическая схема усиления, поэтому их 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 (формирователем сигнала) **A12x-xxx, АР5000-х** или **AQ05**.

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

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

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

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

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

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

* Максимальная частота может снижаться при использовании кабелей повышенной длины.

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

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

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

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

Примечание: уровень калибровочного сигнала 10 м/с^2 соответствует $140,0$ дБ отн. 1 мкм/с^2 .

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

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

Если проверка калибровки не проводится, следует провести опробование виброметра:

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

4. Установить вибропреобразователь на вибрирующую поверхность. В **Таблице В-2-АДП** приведены рекомендации по способам установки датчиков.

Таблица В-2-АДП. 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 1V151HC, AP2082M или AP2038P. Применяется для измерений вибрации на любых сиденьях |
|  | 002KP | Адаптер кисти руки (одно положение установки 3-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента |
|  | 022KP | Адаптер рукоятки для измерений. Зажимается между ладонью и рукояткой вибрирующего инструмента |
|  | 022KB | Адаптер для установки вибродатчика на трубчатую поверхность (рукоятки, рулевое управление и пр.) |
|  | AM-01-OKT | Магнит для крепления датчика к металлическим магнитным поверхностям. Датчик крепится к магниту с помощью шпильки |
|  | AW-01 | Восковая мастика для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц |

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.

| | | |
|---|------------------|---|
|  | <p>ММ-01-ОКТ</p> | <p>Площадка для клеевого крепления к поверхности. Датчик крепится к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348</p> |
|  | <p>МП-03-ОКТ</p> | <p>Многопозиционная площадка для клеевого крепления к поверхности. Датчики крепятся к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348</p> |
|  | <p>005ГР</p> | <p>Заостренный железный стержень с тремя площадками со шпильками для крепления датчиков. Стержень забивают в грунт. Применяется для измерений согласно ГОСТ Р 53964-2010.</p> |

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

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

Крепление на магните может использоваться только для измерений не выше 3–5 кГц. Не рекомендуется не использовать магнит для измерений на частотах выше 1 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 не отличается в большую сторону от уровней виброускорения одновременно в третьоктавах 40 Гц и 63 Гц более, чем на 6 дБ, то можно считать, что электрическая помеха отсутствует.

Ориентировать трехкомпонентный акселерометр необходимо согласно маркировке на корпусе датчика виброускорения.

5. После включения виброметра выждать не менее 40–60 секунд, прежде чем начинать измерения.
6. Измерение запускается клавишей **СТАРТ**. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор

результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя (при наличии).

7. Показания текущих среднеквадратичных уровней ускорения считываются на индикаторе виброметра рядом с метками **СКЗ-1с**, **СКЗ-5с**, **СКЗ-10с**.
8. Максимальные текущие среднеквадратичные уровни ускорения считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Max**.
9. Эквивалентный уровень ускорения считывается на индикаторе виброметра рядом с меткой **Leq**. В последней строке индикаторного экрана считывают продолжительность измерения (усреднения по времени) эквивалентного уровня.
10. Величина уровня ускорения $L_{изм}(f)$ в полосе частот с центральной частотой f рассчитывается по формуле:

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

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

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

11. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

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

где Δ_1 – модуль погрешности измерения в соответствии с **Таблицей В-2**, Δ_k – модуль k -й дополнительной погрешности 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 | Общая / Локальная вибрация-1 | ИИБ (измерительно-индикаторный блок) | | 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 | Адаптер 110А-IEPE (не требуется для работы с каналом А) | | | |
| | Анализ-4-LF, MF, EF (канал МІС) | | | | |
| | Общая / Локальная вибрация ЭФБ-110А | ВП АР2037-100, АР2098, АР98, АР2082М-100, АР2038-100, АР2038Р-100, 1V151НС-100, 1V102НВ-100, 1V102ТВ-100 | 10 | 52–174 (0,8..1 Гц), 54–174 (1,25..12,5 Гц), 56–174 (16..1250 Гц) | |
| | 1/3-октавный анализатор МІС | ВП АР2038Р-10, АР2037-10, 1V151НС-10, 1V102НВ-10, 1V102ТВ-10 | 1 | 72–194 (0,8..1 Гц), 74–194 (1,25..12,5 Гц), 76–194 (16..1250 Гц) | |
| | Общая / Локальная вибрация ЭФБ-НF (канал А) | ВП ДН-4-Э | 1,1 | 65–192 (0,8..1 Гц), 61–192 (1,25..12,5 Гц), 53–192 (16..800 Гц), 55–192 (1..1,25 кГц) | |
| | 1/3-октавный анализатор МХУZ (канал МІС) | ВП АР2031-3 | 0,3 | 86–204 (0,8..1250 Гц) | |
| | Октава-110А-ЭКО | ВП АР2029-100 | 10 | 55–174 (в октавных полосах 31,5–1000 Гц), 63–174 (в октавных полосах 2–8 кГц) | |
| | Экофизика -110А | ВП 1V104НА-100 | 10 | 66–174 (в октавных полосах 8–250 Гц), 69–174 (в октавных полосах 500–8000 Гц) | |
| | | ВП 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) | |
| ВП АР2030-10, АР2031-10 | | 1 | 75–194 (в октавных полосах 16–1000 Гц), 79–194 (в октавных полосах 2–8 кГц) | | |
| | | ВП АР2099-100, 1V101НВ-100, 1V154НС-100 | 10 | 42–174 (0,8..1 Гц), 42–174 (1,25..12,5 Гц), 36–174 (16..800 Гц), 37–174 (800-1250 Гц) | |

| | | | | | |
|--|--|---|--------------------------|--|---|
| | | ВП AP2006-500, 1V401HS-500 | 50 | 30–161 (0,8..1250 Гц) | |
| 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, AP2082М-100, AP2038-100, AP2038P-100, 1V151НС-100, 1V102НВ-100, 1V102ТВ-100 | 10 | 60–164 (0,8..1250 Гц) | |
| | Анализ-4 (3)-LF, MF, EF (каналы X, Y, Z или K1, K2, K3) | ВП AP2038P-10, AP2037-10, 1V151НС-10, 1V102НВ-10, 1V102ТВ-10 | 1 | 80–184 (0,8..1250 Гц) | |
| | Общая / Локальная вибрация ЭФБ-НФ (каналы X, Y, Z) | ВП AP2031-3 | 0,3 | 90–194 (0,8..1250 Гц) | |
| | 1/3-октавный анализатор МХУЗ (каналы X, Y, Z) | ВП ДН-4-Э | 1,1 | 65–182 (1 Гц), 61–182 (2 Гц), 53–182 (16 Гц), 55–182 (1 кГц) | |
| | Общая / Локальная вибрация ЭФБ-110В | ВП AP2029-100 | 10 | 55–164 (в октавных полосах 31,5–1000 Гц), 63–164 (в октавных полосах 2–8 кГц) | |
| | 1/3-октавный анализатор ХУЗ | ВП 1V104НА-100 | 10 | 66–164 (в октавных полосах 8–250 Гц), 69–164 (в октавных полосах 500–8000 Гц) | |
| | Общая / Локальная вибрация-Эко-3 | ВП 1V103ТВ-10 | 1 | 63–184 (в октавных полосах 8–500 Гц), 68–184 (в октавных полосах 1–2 кГц), 73–184 (в октавных полосах 4–8 кГц) | |
| | | ВП AP2030-10, AP2031-10 | 1 | 75–184 (в октавных полосах 16–1000 Гц), 79–184 (в октавных полосах 2–8 кГц) | |
| | | ВП AP2099-100, 1V101НВ-100, 1V154НС-100 | 10 | 42–164 (0,8..12,5 Гц), 41–164 (16..800 Гц), 50–164 (800..1250 Гц) | |
| | ВП AP2006-500, 1V401HS-500 | 50 | 30–151 (0,8..1250 Гц) | | |

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

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

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

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

При оперативных измерениях микрофонный предусилитель допустимо подключать непосредственно к входному разъему индикаторного блока **ИИБ Октава-110А, Октава-101АМ, Октава-110А-ЭКО, Октава-111, ИМ 110А** для прибора **Экофизика-110А**.

В тех случаях, когда присутствие оператора в измерительной точке может привести к искажению результатов или затруднено по иным причинам, микрофонный предусилитель устанавливается в нужном месте с помощью штатива, например **TRP001R**, и подсоединяется к индикаторному блоку с помощью удлинительного кабеля.

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

Таблица УЗД-W-1/1

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

Таблица УЗД-W-1/3

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

2. При измерениях звукового давления важно помнить, что микрофон должен находиться в термодинамическом равновесии с окружающей средой. Поэтому при перенесении микрофона из теплой среды в холодную и наоборот необходимо выждать не менее 30 минут.

3. Перед проведением измерений следует проверить калибровку измерительного тракта с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации. При подаче калибровочного сигнала показания фильтра, соответствующего частоте калибровки, должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах $\pm 0,3$ дБ.

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

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

4. Приборы серий **Октава** и **Экофизика** в комплекте с микрофонными капсюлями **ВМК-205, МК-265, МК-233, ВМК-201 (М-201)** и их аналогами измеряют уровень звука и звукового давления, которые были бы в измерительной точке свободного звукового поля в отсутствии микрофона. Микрофоны **ВМК-206, МС-204, ВМК-402А** и его аналоги используются в тех случаях, где стандарт на испытания предписывает применение микрофона давления или микрофона диффузного поля. Главная ось микрофона перпендикулярна мембране микрофонного капсюля 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:

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

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

использовании микрофонных кабелей EXCxxxR и ветрозащит W2 и W3 принимается равной 0,0 дБ.

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

12. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

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

где Δ_1 – модуль погрешности измерения звука в соответствии с **Таблицей УЗ-2**, Δ_k – модуль k -й дополнительной погрешности в децибелах. Источником дополнительных погрешностей Δ_k могут быть также дополнительные принадлежности или влияние внешних факторов – температуры, давления, влажности. В частности:

Таблица УЗ-ДП-2

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

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

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

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

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

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

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувствительность $S_{ном}$, мВ/Па | Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ ¹ | Погрешность измерения, не более, дБ |
|--|---------------------------------|---|---|---|---|
| Октава-101АМ | Звук | ИИБ Октава-101АМ Предусилитель КММ400 Кабель ЕХС00ХR (опция) | | Диапазон измерения делится на четыре поддиапазона | |
| | | Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZТ-333) | 50 | 14–145 (в октавах), 12–145 (в 1/3-октавах) | |
| | | М-201, МК-233 | 14 | 25–156 (в октавах), 23–156 (в 1/3-октавах) | |
| | | ВМК-201 | 12,5 | | |
| | | МС-204 | 3,5 | 39-170 (в октавах ²), 37-170 (в 1/3-октавах ²) | |
| Октава-110А-ЭКО Октава-110А | ЭкоЗвук-110А | ИИБ Октава-110А-ЭКО / 110А Предусилитель Р200/Р200(К) Кабель ЕХС00ХR (опция) | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | <p>Для непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся): $L_{min} + 5дБ \leq L_p \leq L_{max} - 5дБ$: $\pm 0,7$ дБ, где L_{max} – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, L_{min} – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</p> <p>В полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД: $\pm 1,0$ дБ</p> |
| | | Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZТ-333) | 50 | 13–139 (в октавах), 11–139 (в 1/3-октавах) | |
| | М-201, МК-233 | 14 | 24–150 (в октавах), 22–150 (в 1/3-октавах) | | |
| | ВМК-201 | 12,5 | | | |
| Звук+ | МС-204, МК-435 | 3,5 | 38-170 (в октавах ²), 36-170 (в 1/3-октавах ²) | | |
| | Экофизика-110А Экофизика | ИБ Экофизика-Д с ИМ 110А или НР Предусилитель Р200/Р200(К) Кабель ЕХС00ХR (опция для ИМ 110А) | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | |
| Ультразвук-40к Анализ-1-НР (канал МІС) Анализ-4-НР (канал МІС) | | 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) | |

| | | | | | |
|----------------|--|--|---------|--|---|
| | ЭкоЗвук-ЭФБ-110А | ВМК-206 | 12,5 | 25-151 (в октавах), 23-151 (в 1/3-октавах) | |
| | Ультразвук 40кГц | МС-204, МК-435 | 3,5 | 38-162 (в октавах ²), 36-162 (в 1/3-октавах ²) | |
| | | МК301, МК401, 4135 | 5 | 33-159 (в октавах), 31-159 (в 1/3-октавах) | |
| | 1/3-октавный анализатор МІС | МК/ВМК-401, ВМК-402А, 4136 | 1,5-1,6 | 42-168 (в октавах), 40-168 (в 1/3-октавах) | |
| | 1/3-октавный анализатор МХУZ (канал МІС) | МС-402А | 0,4 | 55-176 (в октавах), 54-176 (в 1/3-октавах) | |
| Октава-111 | | ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201, ZТ-333) | 50 | 12-140 (в октавах), 8-140 (в 1/3-октавах) | ±0,7 дБ (при уровне сигнала не менее чем в -40 дБ от верхнего предела измерений); ±0,9 дБ (при уровне сигнала ниже -40 дБ от верхнего предела, но выше +10 дБ от нижнего); ±1,0 дБ (при уровне сигнала ниже +10 дБ от нижнего предела) |
| | | М-201, МК-233 | 14 | 23-151 (в октавах), 19-151 (в 1/3-октавах) | |
| | | ВМК-201 | 12,5 | | |
| Экофизика-110А | 1/3-октавный анализатор МХУZ | ИБ Экофизика-D с ИМ НФ-Белая Предусилитель Р200/Р200(К) Предусилитель Р410/Р410(К) (входы X, Y, Z) ОКТАФОН/ ОКТАФОН-М с ЭКВ-110-3 | | * Диапазон измерения делится на три поддиапазона. * Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов) | Для непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся): $L_{min}+5дБ \leq L_p \leq L_{max}-5дБ$: ±0,7 дБ, где L_{max} – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, L_{min} – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД. В полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД: ±1,0 дБ |
| | | Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221), МР201, ZТ-333 | 50 | 11-139 * (вход МІС), 25-125 ** (входы X, Y, Z) | |
| | | Микрофон М-201, МК-233 | 14 | 22-150 * (вход МІС), 36-136 ** (входы X, Y, Z) | |
| | | Микрофон ВМК-201 | 12,5 | | |
| | | Микрофон ВМК-206 | 12,5 | 23-151* (вход МІС) 37-137 ** (входы X, Y, Z) | |
| | | Микрофон МС-204 | 3,5 | 37-170 * (вход МІС), 51-148 ** (входы X, Y, Z) ² | |
| | | Микрофон МК301, МК401, 4135 | 5 | 31-159 * (вход МІС), 47-147 ** (входы X, Y, Z) | |
| | | Микрофон МК/ВМК-401, ВМК-402А, 4136 | 1,5-1,6 | 40-168 * (вход МІС), 56-156 ** (входы X, Y, Z) | |

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|---------|--|--|
| | | Микрофон МС-402А | 0,4 | 54–176 * (вход МІС), 67–166 ** (входы X, Y, Z) | |
| Экофизика- 110В (Белая) Экофизика- 111В | 1/3-октавный анализатор XYZ | ИИБ Экофизика- 110В (Белая) Предусилитель P200/P200(К) (через ОКТАФОН/ ОКТАФОН-М с ЭКВ-110-3) Предусилитель P410/P410(К) (входы 1, 2, 3) – только с МР201, ZТ-333 | | Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов) | |
| | | Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК- 221), МР201, ZТ-333 | 50 | 25–125 | |
| | | М-201, МК-233 | 14 | 36–136 | |
| | | ВМК-201 | 12,5 | 36-136 | |
| | | ВМК-206 | 12,5 | 37-137 | |
| | | Микрофон МС-204 | 3,5 | 51–148 ² | |
| | | Микрофон МК301, МК401, 4135 | 5 | 47–147 | |
| | | Микрофон МК/ВМК-401, ВМК-402А, 4136 | 1,5-1,6 | 56–156 | |
| | | Микрофон МС-402А | 0,4 | 67–166 | |

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. Нижние пределы измерений для отдельных частотных полос могут быть меньше указанных в таблице; значения нижних пределов могут быть оценены как уровень собственных шумов в соответствующей полосе для диапазона шкалы ДЗ плюс 7 дБ.

² Для микрофона МС-204 частотный диапазон измерения составляет от 20 Гц до 10000 Гц

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: $\pm 0,2$ дБ (для частоты 16 Гц), $\pm 0,3$ дБ (для частоты 8 Гц), $\pm 0,5$ дБ (для частоты 4 Гц), $\pm 1,0$ дБ для частоты 2 Гц.

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

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

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

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

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

Требования к проверке калибровки аналогичны требованиям разделов 2 и 5.

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

9. Средний по времени (эквивалентный) уровень звукового давления считается на индикаторе ИБ рядом с меткой **Leq**. Продолжительность усреднения уровней звукового давления в октавных полосах частот 2–4 Гц должна быть не менее 3 минут, а в октавных полосах частот 8–16 Гц – не менее 1 минуты. Продолжительность усреднения уровней звукового давления в полосе фильтра **FI** – не менее 3 мин.
10. Величина УЗД $L_{изм}(f)$ в октавной (третьоктавной) полосе частот с центральной частотой f рассчитывается по формуле:

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

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

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

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

Справочное примечание. В случае, если калибровочные поправки для конкретного микрофона не отвечают указанным в первом абзаце требованиям и фильтр **FI** не может быть применён, но при этом поправки известны и не превышают $\pm 2,0$ дБ, то оценку эквивалентного общего (линейного в диапазоне 1,4-22 Гц) УЗД инфразвука целесообразно проводить методом энергетического суммирования результатов эквивалентных УЗД в октавных полосах 2, 4, 8 и 16 Гц, измеренных согласно этой методике.

$$L_{p,FI,eq} = 10 \times \lg(10^{0.1 \times L_{p,eq,2\text{Гц}}} + 10^{0.1 \times L_{p,eq,4\text{Гц}}} + 10^{0.1 \times L_{p,eq,8\text{Гц}}} + 10^{0.1 \times L_{p,eq,16\text{Гц}}})$$

11. Для учёта дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

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

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

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

Таблица УЗ-ДП-3

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

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

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

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

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувствительность $S_{ном}$, мВ/Па | Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ * | Погрешность измерения, не более, дБ |
|------------------------------------|--------------------------|---|--|--|--|
| Октава-101АМ | Инфразвук | ИИБ ОКТАВА-101АМ Предусилитель КММ400 Кабель ЕХС00ХR (опция) | | Диапазон измерения делится на четыре поддиапазона, диапазоны указаны для измерений УЗД в октавах и 1/3-октавах | |
| | | ВМК-205 (МК-265) | 50 | 25–145 (FI), 20–145 | |
| | | М-201, МК-233 ВМК-201 | 14 | 35–156 (FI), 30–156 | |
| | | | 12,5 | | |
| МС-204 | 3,5 | 55–167 (FI), 50–167 | | | |
| Октава-110А-ЭКО Октава-110А | ЭкоЗвук-110А | ИИБ Октава-110А-ЭКО или Октава-110А Предусилитель Р200/Р200(К) Кабель ЕХС00ХR (опция) | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона, диапазоны указаны для измерений УЗД в октавах и 1/3-октавах | Для непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся): $L_{min}+5дБ \leq L_p \leq L_{max}-5дБ$: $\pm 0,7$ дБ, где L_{max} – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, L_{min} – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД. |
| | | ВМК-205 (МК-265) | 50 | 25–139 (FI), 20–139 | |
| | М-201, МК-233 ВМК-201 | 14 | 35–150 (FI), 30–150 | | |
| | | 12,5 | | | |
| | МС-204 | 3,5 | 55–162 (FI), 50–162 | | |
| Экофизика-110А Экофизика | ЭкоЗвук Анализ-1-LF | ИИБ Экофизика-110А Предусилитель Р200/Р200(К) Кабель ЕХС00ХR (опция для ИМ 110А) | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | В полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД: $\pm 1,0$ дБ |
| | | | | | |
| | М-201, МК-233 ВМК-201 | 14 | 35–150 (FI), 30–150 | | |
| | | 12,5 | | | |
| | МС-204 | 3,5 | 55–162 (FI), 50–162 | | |

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувствительность, $S_{ном}$, мВ/Па | Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ * | Погрешность измерения, не более, дБ |
|--|---|--|---|--|---|
| Экофизика-110А | Анализ-4-LF 1/3-октавный анализатор MXYZ* | ИИБ Экофизика-110А-НФ, Предусилитель P200/P200(К) (вход МІС) Микрофонный блок питания Октафон/ ОКТАФОН-М с адаптером прямого входа ЭКВ-110 (входы X, Y, Z) | | * Диапазон измерения делится на три поддиапазона ** Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов) | Для непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся) : $L_{min}+5дБ \leq L_p \leq L_{max}-5дБ$: $\pm 0,7$ дБ, где L_{max} – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, L_{min} – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД. В полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД: $\pm 1,0$ дБ |
| | | Микрофон ВМК-205 (МК-265, МР201, ZT-333 при наличии протокола исп.) | 50 | В октавах и 1/3-октавах: 20–139* (вход МІС), 30–125** (входы X, Y, Z) | |
| | | Микрофон М-201, МК-233 | 14 | В октавах и 1/3-октавах: 30–150* (вход МІС), 40–136** (входы X, Y, Z) | |
| | | ВМК-201 | 12,5 | | |
| | | МС-204 | 3,5 | В октавах и 1/3-октавах: 50–162* (вход МІС), 60–148** (входы X, Y, Z) | |
| Экофизика-110В (Белая) Экофизика-111В | Анализ-3-EF Анализ-3-LF 1/3-октавный анализатор XYZ * | ИИБ Экофизика-110В, -111В Предусилитель P200/P200(К) Микрофонный блок питания Октафон/ ОКТАФОН-М с адаптером прямого входа ЭКВ-110 | | Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов) | |
| | | Микрофон ВМК-205 (МК-265) | 50 | В октавах и 1/3-октавах: 30–125 | |
| | | Микрофон М-201, МК-233 | 14 | В октавах и 1/3-октавах: 40–136 | |
| | | ВМК-201 | 12,5 | | |
| | | МС-204 | 3,5 | В октавах и 1/3-октавах: 50–148 | |

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10. Средний по времени (эквивалентный) уровень звукового давления 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. Поправка $\Delta L_{дон}(f)$ при использовании микрофонных кабелей ЕХСxxxR принимается равной 0,0 дБ.

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

12. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

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

где Δ_1 – модуль погрешности измерения в соответствии с **Таблицей УЗ-4**, Δ_k – модуль k -й дополнительной погрешности в децибелах.

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

Таблица УЗ-ДП-4

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

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

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

14. Проверка калибровки непосредственно в контрольной точке выполняется в тех случаях, когда возникают сомнения в исправности прибора. В остальных случаях проверку калибровки допускается выполнять в иных местах, где соблюдаются условия эксплуатации анализатора спектра, микрофона и калибратора, при этом интервал времени между проверкой калибровки и выполнением измерения не должен быть больше 16 ч. В случае смены микрофонного капсюля в контрольной точке проверка калибровки сразу после смены непосредственно в контрольной точке – обязательна.

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

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувствительность, $S_{ном}$, мВ/Па | Максимальная 1/3-октавная полоса частот | Диапазон измерения УЗД при номинальной чувствительности, дБ | Погрешность измерения, не более, дБ |
|------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Октава-110А-ЭКО | ЭкоЗвук-110А | ИИБ Октава-110А-ЭКО, Октава-110А или ИБ Экофизика-D, ИМ 110А или HF Предусилитель P200/P200(K) Кабель EXC00XR | | 20 кГц | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | Для непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся) : $L_{min}+5дБ \leq L_p \leq L_{max}-5дБ$: $\pm 0,7$ дБ, где L_{max} – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, L_{min} – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД. |
| Октава-110А | Звук+ | | | | | |
| Экофизика-110А | ЭкоЗвук | | | | | |
| Экофизика-110А (Белая) | ЭкоЗвук-ЭФБ-110А | | | | | |
| | | Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221) | 50 | | 11–139 | |
| | | Микрофон М-201, МК-233 | 14 | | 22–150 | |
| | | ВМК-201 | 12,5 | | | |
| Экофизика-110А | Анализ-Х-HF | ИБ Экофизика-D ИМ 110А или HF Предусилитель P200/P200(K) Кабель EXC00XR (опция) | | 40 кГц | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | В полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД : $\pm 1,0$ дБ |
| Экофизика | Ультразвук-40к | | | | | |
| Экофизика-110А (Белая) | Ультразвук 40кГц | | | | | |
| Октава-110А | Ультразвук+ 1/3-октавный анализатор МИС | | | | | |
| | | | | | | |
| | | Микрофон М-201, МК-233 | 14 | | 22–150 | |
| | | ВМК-201 | 12,5 | | | |
| | | Микрофон МК301, 4135 | 5 | | 31–159 | |
| | | Микрофон ВМК-401, ВМК-402А, 4136 | 1,5-1,6 | | 40–170 | |

| | | | | | |
|----------------------------|--|---|---------|---------|---|
| | 1/3- октавный анализатор МХУЗ | | | | |
| Экофизика- 110А | Ультра- звук- 100к | ИИБ Экофизика- 110А (НФ) Предусилитель Р200/Р200(К) (вход МІС/НФ) | | | Диапазон измерения делится на три поддиапа- зона |
| Экофизика | | Микрофон МК-401 | 5 | 63 кГц | |
| Экофизика- 110А (Белая) | Ультра- звук 100кГц | Микрофон МК-301, 4135 | | | 100 кГц |
| | | Микрофон МК-435 | 3,5 | 100 кГц | 49 – 163 |
| | | Микрофон ВМК-401, ВМК-402А, 4136 | 1,5-1,6 | 100 кГц | 56–170 |

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

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

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

1. Выбор первичного преобразователя. Преобразователь виброскорости AV-01.

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



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

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

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

Примечание: при частоте калибровочного сигнала 159,16 Гц и виброускорении калибровочного сигнала 10 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

| | | |
|---|----------------|--|
|  | 003ОП 004ОП | Платформа напольная для измерений вибрации на полу ¹ (применяется для измерений общей вибрации). Датчик крепится с помощью переходной резьбовой шпильки М6/М5 |
|  | 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. Датчик крепится с помощью резьбовой переходной шпильки М6/М5 |
|  | AW-01-1 | Для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц |
|  | 005ГР | Заостренный железный стержень с тремя площадками со шпильками для крепления датчиков. Стержень забивают в грунт. Применяется для измерений согласно ГОСТ Р 53964-1010. Датчик крепится с помощью резьбовой переходной шпильки М6/М5 |

Основание датчика должно плотно прилегать к вибрирующей поверхности. При креплении на шпильке следует убедиться, что между основанием датчика и вибрирующей

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**.

поверхностью отсутствуют зазоры. Не допускается крепление датчика к неплоским поверхностям, а также к поверхностям, содержащим заусенцы и грязь и т. п. После включения виброметра выждать не менее 40–60 секунд, прежде чем начинать измерения.

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

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

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

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

9. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

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

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 | F _k (2,0–100 Гц): 75–139 | <ul style="list-style-type: none"> • ±1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); • ±2,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений) |
| | Локальная вибрация ЭФБ-110В | F _h (6,3–1250 Гц): 64–139 | <ul style="list-style-type: none"> • ±1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); • ±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: ±0,5 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений и при наличии поправки АЧХ); ±1,5 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений и/или при неизвестной поправке на АЧХ ВП) • Ударная вибрация: ±2,0 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 МС,
- 1/3-октавный анализатор МХYZ,
- 1/3-октавный анализатор ХYZ.

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

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

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 | 10 000 | >50 000 |
| ДН-4-Э | 0,4 | 5000 | >25 000 |
| AP2099-100 | 0,5 | 3000 | >15 000 |
| 1V101HB-100 | 0,5 | 4800 | >24 000 |
| AP2006-500 | 0,1 | 1400 | >7000 |
| 1V401HS-500 | 0,1 | 1800 | >9000 |
| AP2031-3 | 0,5 | 12 000 | >60 000 |
| AP2082M-100 | 0,5 | 6000 | >30 000 |
| 1V151HC-100 | 0,5 | 9000 | >45 000 |
| AP2038P-10, AP2038P-100 | 0,5 | 7000 | >35 000 |
| 1V151HC-10 | 0,5 | 9000 | >45 000 |
| 1V154HC-100 | 0,5 | 4000 | >20 000 |

* Максимальная частота может снижаться при использовании кабелей повышенной длины.

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

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

При подаче калибровочного сигнала показания виброметра для уровня виброускорения в соответствующей 1/n-октавной полосе частот должны совпадать с калибровочным уровнем виброускорения в пределах: $\pm 0,4$ дБ. Если проверка калибровки проводится в режиме индикации виброскорости, то показания виброметра следует сравнивать с калибровочным уровнем виброскорости. Например, при частоте калибровки 159,16 Гц и виброускорении калибровочного сигнала 10 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: КВ-160, АТ01, АТ01m, 394С06. **Вибрационный калибратор ВК 16/160 не разрешается применять с приборами, указанными выше.**

Если проверка калибровки не проводится, следует провести опробование виброметра:

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

Установить вибропреобразователь на вибрирующую поверхность.

Таблица В-4-АДП. Рекомендуемые способы установки

| | | |
|---|------------------------|---|
|  | <p>003ОП 004ОП</p> | <p>Платформа напольная для измерений вибрации на полу¹ (применяется для измерений общей вибрации). Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки</p> |
|  | <p>0020Т</p> | <p>Платформа-диск для измерений вибрации 3-компонентным датчиком на жестком и плоском сиденье. Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки</p> |

| | | |
|---|------------------|---|
|  | <p>001ОТ</p> | <p>Кубик для установки однокомпонентного датчика с различной ориентацией на платформу 002ОТ (см. выше)</p> |
|  | <p>003РД</p> | <p>Полужесткий диск для установки 3-компонентного датчика 1V151НС, АР2082М или АР2038Р. Применяется для измерений вибрации на любых сиденьях</p> |
|  | <p>AM-01-OKT</p> | <p>Магнит для крепления датчика к металлическим магнитным поверхностям. Датчик крепится к магниту с помощью шпильки</p> |
|  | <p>MM-01-OKT</p> | <p>Площадка для клеевого крепления к поверхности. Датчик крепится к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348</p> |
|  | <p>MP-03-OKT</p> | <p>Многопозиционная площадка для клеевого крепления к поверхности. Датчики крепятся к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348</p> |
|  | <p>005ГР</p> | <p>Заостренный железный стержень с тремя площадками со шпильками для крепления датчиков. Стержень забивают в грунт. Применяется для измерений согласно ГОСТ Р 53964-2010.</p> |
|  | <p>AW-01</p> | <p>Восковая мастика для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц</p> |

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**.

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

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

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

Для устранения или уменьшения влияния электрической помехи следует:

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

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

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

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

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

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

Поправки на вибропреобразователь определяются эксплуатационной документацией средств измерений.

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

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

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 чувствительность $S_{ном}, мВ/мс^{-2}$ | Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. 5×10^{-8} м/с | Погрешность измерения, не более, дБ |
|----------------|---|---|--|---|---|
| Экофизика-110А | 1/3-октавный анализатор МІС | ИИБ (измерительно-индикаторный блок) Адаптер 110А-ІЕРЕ | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | <i>Синусоидальный сигнал</i> $\pm 1,0$ дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); $\pm 1,4$ дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений). |
| | | Вибропреобразователи АР2038Р-10, 1V151НС-10, АР2037-10, 1V102НВ-10, 1V102ТВ-10 | 1 | 82–204 (1 Гц), 65–184 (10 Гц), 46–164 (100 Гц), 26–144 (1 кГц) | |
| | Вибропреобразователи АР2098, АР98, АР2082М, АР2038Р-100, АР2038-100, 1V151НС-100, АР2037-100, 1V102НВ-100, 1V102ТВ-100 | 10 | 62–184 (1 Гц), 45–164 (10 Гц), 26–144 (100 Гц), 6–124 (1 кГц) | | |
| | 1/3-октавный анализатор МХУZ (канал МІС) | 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 AP2006-500 | 50 | 37–171 (1 Гц), 20–151 (10 Гц), 0–131 (100 Гц), –20–111 (1 кГц) | Широкополосная безударная вибрация: ±1,4 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); |
| | | Вибропреобразователь 1V401HS-500 | 50 | 40–171 (1 Гц), 23–151 (10 Гц), 3–131 (100 Гц), –20–111 (1 кГц) | |
| Экофизика-110А | 1/3-октавный анализатор MXYZ (каналы X, Y, Z) | ИИБ (измерительно-индикаторный блок) | | Диапазон измерения – единый | ±1,5 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений) |
| | | Вибропреобразователи AP2038P-10, 1V151HC-10, AP2037-10, 1V102HB-10, 1V102TB-10 | 1 | 90–194 (1 Гц), 70–174 (10 Гц), 50–154 (100 Гц), 30–134 (1 кГц) | |
| Экофизика-111В | 1/3-октавный анализатор XYZ | Вибропреобразователи AP2098, AP98, AP2082M, AP2038P-100, AP2038-100, 1V151HC-100, AP2037-100, 1V102HB-100, 1V102TB-100 | 10 | 70–174 (1 Гц), 50–154 (10 Гц), 30–134 (100 Гц), 10–114 (1 кГц) | Ударная вибрация: не установлена |
| Экофизика-110В | | Вибропреобразователи AP2099-100, 1V101HB-100, 1V154HC-100 | 10 | 52–174 (1 Гц), 32–154 (10 Гц), 20–134 (100 Гц), 0–114 (1 кГц) | |
| | | Вибропреобразователь AP2006-500 | 50 | 37–161 (1 Гц), 20–141 (10 Гц), 0–121 (100 Гц), –20–101 (1 кГц) | |
| | | Вибропреобразователь 1V401HS-500 | 50 | 40–161 (1 Гц), 23–141 (10 Гц), 3–121 (100 Гц), –23–101 (1 кГц) | |

Приложение № 1.

Список терминов, употребляемых в технической документации ПО «Октава-ЭлектронДизайн»

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ, ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ

| | |
|------------------|---|
| Автозамер | 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+. 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. |
|------------------|---|

| | |
|---|--|
| Автозапись | В приборах Октава-101АМ, 101В, 110А – автоматическая запись в память результатов измерений с заданным шагом по времени. |
| Автокалибровка | 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. В некоторых моделях предыдущего поколения (Октава-110А, 101АМ и др.) близкая по содержанию процедура называлась « внешняя калибровка ». |
| Адаптер прямого входа | 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. |
| Групповая запись | 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. |
| Запись в блокнот | 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. |
| Запись сигнала | 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). |
| Измерительно-индикаторный блок (ИИБ) | Часть средства измерения, которая обеспечивает обработку входных сигналов (например, цифровое преобразование, фильтрацию), определение значений измеряемых величин и их отображение на индикаторном устройстве. |
| 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 – присписываемое 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). РМГ 29-2013: Множество значений величин одного рода, которые могут быть измерены данным средством измерения или измерительной системой с указанной инструментальной неопределенностью или указанными показателями точности при определенных условиях. |
| 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 Backerasing). |
| 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. Октавное отношение: номинальное октавное отношение равно 2. Точное стандартизованное октавное отношение по МЭК 61260-1: $G = 10^{3/10}$ |
| Поверка | Совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям (Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений"). |
| Оперативная история, предыстория | В некоторых изделиях объединения Октава-ЭлектронДизайн , таких как Октава-121, Экофизика-110А («Белая»), Экофизика-110В («Белая»), Экофизика-111В – 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. |
| Оперативная постобработка | 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 . |
| Хронограмма | Графическое представление изменения значения какой-либо измеренной величины от времени. |

АКУСТИЧЕСКИЕ И ВИБРОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ

| | |
|--|--|
| Акселерометр | В виброметрии – вибропреобразователь виброускорения (см. вибропреобразователь). |
| Акселерометр однокомпонентный | Однокомпонентный акселерометр (1V101НВ, 1V102ТВ, 1V104НА, AP2098, AP2037, AP2099 и др.) позволяет измерить только компоненту вибрации в одном направлении (ось чувствительности такого датчика ортогональна плоскости основания). |
| Акселерометр трёхкомпонентный | Трёхкомпонентный датчик (например, 1V151НС, 1V154НС, AP2082М, AP2038Р и др.) содержит три взаимно перпендикулярных чувствительных элемента и одновременно измеряет все три составляющих виброускорения. При установке на объект трёхкомпонентный датчик нужно ориентировать так, чтобы направления осей чувствительности X, Y, Z совпадали с интересующими направлениями вибрации. |
| 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.</p> <p>Не допускается использовать калибратор Защита-К.</p> |
| Анализатор спектра | В виброакустике: средство измерения спектра, то есть частотного распределения энергии (мощности, плотности энергии или плотности мощности), амплитуды или фазы акустического или вибрационного сигнала. На практике АС имеет исполнение в виде наборов смежных полосовых фильтров, например фильтров на долю октавы, с перекрывающимися полосами пропускания, либо в виде устройства, реализующего алгоритмы дискретного преобразования Фурье, например БПФ. |
| 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. |

| | |
|--|---|
| | <p>Одной из особенностей БПФ является то, что количество точек во временном окне анализа (длина последовательности выборок сигнала) равно 2^N.</p> |
| Вибрация | <p>Движение точки или механической системы, при котором происходят колебания (поочередные возрастания и убывания во времени) характеризующих его скалярных величин (ГОСТ 24346-80). К вибрации часто относят также ударные процессы:</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 (<i>отменены на момент издания данной МИ</i>): Вибрация, передающаяся через руки, ступни ног сидящего человека и на предплечья, контактирующие с вибрирующими рабочими поверхностями.</p> |
| 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). СанПиН 2.2.4.3359-16 (<i>отменены на момент издания данной МИ</i>): Вибрация, передаваемая на тело через опорные поверхности: для стоящего – через ступни ног, для сидящего – через ягодицы, для лежащего человека – через спину и голову.</p> <p>Вибрацию в помещениях жилых и общественных зданий традиционно также называют общей вибрацией, хотя ее измерение не соотносится с расположением опорных поверхностей человека.</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> |
| Виброускорение. Частотные коррекции | <p>Функция, заключающаяся в том, что исходный сигнал пропускают через корректирующий фильтр, представляющий собой комбинацию полосового и весового фильтров. Частотная коррекция может быть также достигнута с помощью спектрального анализа (БПФ или 1/п-октавного) с последующим энергетическим суммированием частотных компонент, умноженных на соответствующие весовые коэффициенты:</p> |

| | |
|--|--|
| | $a_w = \left[\sum_i (w_i a_i)^2 \right]^{1/2}$ <p>Для измерения вибрации, воздействующей на человека, используют фильтры частотных коррекций, требования к которым установлены в ГОСТ Р 59701.1-2022 ИСО 8041-1:2017).</p> <p>W_k – общая вибрация в направлении Z. W_d – общая вибрация в направлениях X,Y. W_m – общая вибрация при неопределенной позе человека в помещениях жилых и общественных зданий, в помещениях экипажа и пассажиров морских и речных судов (W_a – коррекция W_m в урезанном диапазоне частот). W_b – для оценки комфорта пассажиров ж/д транспорта. W_h – локальная вибрация.</p> |
| <p>Вибро-ускорения уровень, уровень виброускорения</p> | <p>Уровнем виброускорения L_a называется величина, рассчитываемая по формуле:</p> $L_a = 10 \lg \lg \left(\frac{a}{a_0} \right)^2 = 20 \lg \lg \left(\frac{ a }{a_0} \right),$ <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 a_0:</p> <p>$3 \cdot 10^{-4}, 3.14 \cdot 10^{-4}$ м/с²</p> |
| <p>Текущие и максимальные СКЗ корректированного ускорения</p> | <p>Текущее СКЗ корректированного виброускорения $a_{w,\theta}$:</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 период интегрирования θ принимает значения 1 с, 5 с, 10 с.</p> <p>Максимальные уровни и значения в приборах серий Экофизика и Октава:</p> $MAX(T) = \{0 t < \tau \max[X(t)] \tau \leq t < T \},$ <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-квадратичное виброускорение (MTVV)</p> | <p>Максимальное значение текущего среднеквадратичного значения корректированного ускорения для периода интегрирования θ, равного 1 с (ГОСТ Р 59701.1-2022 ИСО 8041-1:2017)).</p> <p>В приборах серий Октава и Экофизика термину <i>MTVV</i> соответствуют величины MAX СКЗ-1с корректированного ускорения общей вибрации.</p> |

| | |
|--|--|
| <p>Пиковое корректированное виброускорение</p> | <p>Максимальное значение модуля корректированного 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 1 с, 5 с, 10 с («текущий пиковый уровень» – обозначение PkT). <i>Примечание: не следует путать пиковое ускорение с максимальным средне-квadraticным ускорением.</i></p> |
| <p>Доза вибрации VDV</p> | <p>Величина, представляющая собой интеграл четвертой степени корректированного 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 корректированного виброускорения, $[\text{м/с}^2]$; T - период измерений, [с]. В Европе величина VDV используется для нормирования общей вибрации на рабочих местах. В Российской Федерации величина VDV не используется для гигиенического нормирования. Не следует путать величину VDV с понятием дозы вибрации, которое используется в ГОСТ 12.1.012-90 (отменен) и в некоторых санитарных нормах (в основном, относящихся к водному транспорту).</p> |
| <p>Вибрационная экспозиция A(8)</p> | <p>Для локальной вибрации – полное виброускорение, приведённое 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> |
| <p>Вибропреобразователь (vibration transducer)</p> | <p>Первичный преобразователь (датчик, сенсор), выходной электрический сигнал которого или одна из электрических характеристик однозначно определяют значение измеряемого параметра вибрации (ГОСТ 30296-95). Устройство для преобразования измеряемого механического движения, например ускорения в заданном направлении, в величину, удобную для измерения или записи (ГОСТ ISO 16063-1-2013).</p> |
| <p>Вибро-преобразователь со встроенной электроникой (IEPE, ICP)</p> | <p>Пьезоакселерометр, в который интегрирована электронная схема согласования импедансов (преобразует высокоимпедансный сигнал пьезоэлектрической сенсорной части в низкоимпедансный – порядка 100 Ом – выходной сигнал), соответствующая спецификации IEPE. Питание встроенной электроники IEPE осуществляется постоянным током от 2 до 20 мА с напряжением от 18 до 30 В (DC). Отличительной особенностью IEPE–принципа является то, что питание датчика и передача полезного сигнала осуществляется по одной и той же однопроводной экранированной линии. IEPE – Integrated Electronics Piezo-Electric – обозначение неофициального промышленного стандарта для встроенной электроники пьезоэлектрических датчиков (ускорения, силы, динамического давления). Некоторые микрофонные предусилители обеспечивают прямое подключение к аппаратуре со входом для IEPE датчиков и поэтому также могут обозначаться как IEPE (ICP) предусилители. Некоторые производители выпускают изделия по</p> |

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

| | |
|---|--|
| <p>Основное затухание (фильтра)</p> | <p>Номинальное затухание фильтров в полосе пропускания, указанное для определения относительного затухания. Затухание фильтра – разность (в дБ) между уровнем входного сигнала и уровнем соответствующего выходного сигнала.</p> |
| <p>Относительное затухание (фильтра)</p> | <p>Разность между затуханием фильтра и основным (номинальным) затуханием.</p> |
| <p>Полосовой фильтр</p> | <p>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).</p> |
| <p>Уровень звука Корректированный по А, С, Z уровень звука, частотная коррекция (шумомера)</p> | <p>Уровень звука: объективная характеристика человеческого восприятия силы звука. Уровень корректированного по частоте квадрата звукового давления с учетом временной коррекции или усреднения по времени (ГОСТ Р 53188.1).</p> <p>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. Используемые в шумомерах частотные коррекции А и С приблизительно соответствуют кривым равной громкости для умеренных и очень сильных акустических сигналов.</p> |
| <p>Уровень звука с временной коррекцией Временные коррекции S, F, I</p> | <p>Десять десятичных логарифмов отношения усредненного с учетом временной коррекции квадрата звукового давления к квадрату опорного звукового давления:</p> $L_{AX}(t) = 10 \lg \left[\frac{\frac{1}{\tau_X} \int_{-\infty}^t p_A^2(\xi) e^{-\frac{t-\xi}{\tau_X}} d\xi}{p_0^2} \right],$ <p>где τ_X – экспоненциальная постоянная времени для временных характеристик F или S, с; ξ – переменная интегрирования от некоторого времени в прошлом, которое обозначено как нижний предел интегрирования, до времени наблюдения t; $p_A(\xi)$ – мгновенное корректированное по А (С, Z) звуковое давление; p_0 – опорное звуковое давление (20 мкПа). Временной коррекции S соответствует константа $\tau_X = 1$ с. Временной коррекции F соответствует константа $\tau_X = 0,125$ с.</p> <p>Уровень звука с временной коррекцией приблизительно совпадает с текущим средним по времени уровнем звука с интервалом усреднения 2τ. Временным коррекциям F и S на индикаторе шумомера могут также соответствовать метки FAST и SLOW (быстро и медленно) соответственно. Временная характеристика I (IMPULSE) представляет собой комбинацию функции временной коррекции с очень маленькой постоянной времени и специального дополнительного детектора. Нормативное значение постоянной времени τ для коррекции I равно 35 мс как для нарастания, так и для спада сигнала. Дополнительный детектор предназначен для хранения результата в течение времени, необходимого для отображения уровня с коррекцией I. Нормативное значение скорости спада детектора характеристики I равно 2,9. Временной характеристике I на индикаторе шумомера соответствуют метки I или Imp.</p> |

| | |
|--|--|
| <p>Текущий корректированный уровень звука с временной коррекцией</p> | <p>Измеренный в данный момент времени корректированный по А (С, Z) уровень звука с временной коррекцией S (I, F).</p> |
| <p>Максимальный уровень звука</p> | <p>ГОСТ Р 53188.1-2019 (МЭК 61672-1): Наибольший на заданном интервале времени уровень звука с временной коррекцией. В шумомерах под заданным интервалом времени понимается промежуток между запуском измерения и текущим моментом времени.</p> |
| <p>Минимальный уровень звука</p> | <p>Термин "минимальный уровень звука" не является стандартизованным. В шумомерах серий Октава и Экофизика этот термин понимается как наименьший корректированный уровень звука с временной коррекцией на интервале времени, который начинается с небольшой задержкой (несколько секунд) после запуска измерения и заканчивается текущим моментом времени.</p> |
| <p>Пиковое звуковое давление</p> | <p>ГОСТ Р 53188.1-2019: Наибольшее абсолютное значение мгновенного (отрицательного или положительного) звукового давления на заданном интервале времени.</p> |
| <p>Пиковый уровень звука</p> | <p>ГОСТ Р 53188.1-2019: Десять десятичных логарифмов отношения квадрата пикового корректированного по частоте звукового давления к квадрату опорного значения 20 мкПа.</p> |
| <p>Средний по времени (эквивалентный) уровень звука</p> | <p>ГОСТ Р 53188.1-2019. Десять десятичных логарифмов отношения среднего по времени квадрата корректированного по частоте звукового давления на заданном временном интервале к квадрату опорного значения. Средний по времени корректированный по А 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 ξ – переменная интегрирования по интервалу времени усреднения, который заканчивается в момент времени наблюдения t; T – временной интервал усреднения (для эквивалентного уровня за все время измерения $T=t$); $p_A(\xi)$ – мгновенное корректированное по А звуковое давление; p_0 – опорное значение, равное 20 мкПа. Аналогично определяются корректированные по AU, C, Z уровни звука и уровни звукового давления в октавных и третьоктавных полосах частот.</p> <p><i>Примечание:</i> 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. 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. Корректированное по А звуковое воздействие $E_{A,T}$ вычисляют по формуле:</p> $E_{A,T} = \int_0^T p_A^2(t) dt$ <p>где $p_A^2(t)$ – квадрат мгновенного корректированного по А звукового давления на интервале времени Т.</p> <p>Примечание: Для таких приложений, как измерение шума на рабочем месте, звуковое воздействие удобнее выразить в $\text{Па}^2\text{ч}$, а не в $\text{Па}^2\text{с}$.</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 $E_{A,T}$ – корректированное по А звуковое воздействие на интервале времени Т, $\text{Па}^2\text{с}$; E_0 – опорное звуковое воздействие, равное $(20 \text{ мкПа})^2 \cdot (1 \text{ с}) = 400 \cdot 10^{-12} \text{ Па}^2\text{с}$; Т – интервал времени измерения в секундах; T_0 – опорное время для измерения уровня звукового воздействия, равное 1 с.</p> <p>Примечание: Средний по времени корректированный по А уровень звука $L_{Aeq,T}$ для интервала времени Т связан с соответствующим корректированным по А уровнем звукового воздействия за этот интервал соотношением:</p> $E_A = (p_0^2 T) (10^{0,1 L_{Aeq,T}}) \text{ или}$ $L_{Aeq,T} = 10 \lg \left[\frac{E_A}{p_0^2 T} \right] = L_{AE,T} - 10 \lg \left(\frac{T}{T_0} \right)$ |
| <p>Усреднение</p> | <p>Операция получения среднеквадратичного значения (уровня). Различают линейное и экспоненциальное усреднение. Линейное усреднение реализуют через непосредственное нахождение среднего от суммы квадратов величины на заданном интервале (см. «Средний по времени (эквивалентный) уровень звука»).</p> <p>Экспоненциальное усреднение реализуют с использованием временных коррекций (см. «Уровень звука с временной коррекцией»).</p> <p>Экспоненциальное усреднение позволяет получать приближенное среднеквадратичное значение на интервал «2 тау», где, «тау» – константа экспоненциального усреднения.</p> |

| | |
|--|--|
| <p>Усреднение время, время усреднения</p> | <p>Для линейного усреднения – продолжительность интервала 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»).</p> |
| <p>Шумомер</p> | <p>Устройство, обеспечивающее измерение уровня звука и (или) звукового воздействия и соответствующее стандарту (МЭК 61672-1, ГОСТ Р 53188.1 в РФ, ГОСТ 17187-2010 в ЕАЭС).</p> |
| <p>Шумы собственные, уровень собственных шумов</p> | <p>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. Для первичных преобразователей – уровень сигнала, который создает преобразователь при фактическом отсутствии полезного сигнала исследуемой величины.</p> |
| <p>Характеристика амплитудно-частотная, амплитудно-частотная характеристика (АЧХ)</p> | <p>Зависимость амплитуды выходного сигнала системы от частоты входного сигнала. На практике обычно под входным сигналом понимается сигнал синусоидального возбуждения заданного уровня. Нередко АЧХ или просто ЧХ называют также зависимость коэффициента преобразования устройства от частоты.</p> |
| <p>Характеристика фазовая частотная, фазовая характеристика</p> | <p>Зависимость фазы выходного сигнала системы от частоты входного сигнала.</p> |
| <p>Характеристика частотная относительная</p> | <p>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.</p> |

Приложение № 2.

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

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

1. Учет поправок на неравномерность частотных характеристик для микрофонных капсулей и на применение дополнительных приспособлений

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

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

где:

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

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

Рисунок 1.

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
«ВИБРОПРИБОР»

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

RUC.36.002.A № 35732

- Уровень чувствительности по холостому ходу на частоте 250 Гц ...-26,2...дБ отн. 1В·Па⁻¹;
Чувствительность ...49,1...мВ·Па⁻¹
- Фактор коррекции (дБ отн. 50 мВ·Па⁻¹)...0,2....
- Максимальный измеряемый уровень звукового давления146..... дБ отн. 2·10⁹Па⁻¹ при коэффициенте нелинейных искажений < 3%
- Напряжение polarization200..... В
- Нижний предел частоты (-3 дБ) ...0,8 – 0,1... Гц
- Коэффициент поправки на температуру в диапазоне от -10°С до +50°С ±0,03 дБ·°С⁻¹
- Коэффициент поправки на влажность в диапазоне от 30% до 98% при температуре +25 °С ±0,005 дБ·%⁻¹
- Коэффициент поправки на атмосферное давление в диапазоне 106 кПа ±10% ±0,03 дБ·кПа⁻¹
- Габаритные размеры:
 - диаметр без сетки ...12,7...мм;
 - диаметр с сеткой13,2...мм;
 - высота16,3...мм;
 - резьба для соединения преусилителя ...11,7...мм - 60 UNS -2B (0,423 мм);
- Условия испытаний:
 - температура 20,0.....°С;
 - атмосферное давление ...101,9..... кПа;
 - относительная влажность воздуха81..... %

Предупреждение:

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

| Частота, Гц | Неравномерность частотных характеристик | |
|-------------|---|--|
| | по давлению, дБ относительно значения на частоте 250 Гц | по свободному полю, дБ относительно значения на частоте 250 Гц |
| 20 | 0,0 | 0 |
| 25 | 0,0 | 0 |
| 31,5 | 0,0 | 0 |
| 40 | 0,0 | 0 |
| 50 | 0,0 | 0 |
| 63 | 0,0 | 0 |
| 80 | 0,0 | 0 |
| 100 | 0,0 | 0 |
| 125 | 0,0 | 0 |
| 160 | 0,0 | 0 |
| 200 | 0,0 | 0 |
| 250 | 0,0 | 0 |
| 500 | 0,0 | 0 |
| 1000 | -0,1 | 0 |
| 1250 | -0,2 | 0 |
| 1600 | -0,2 | 0 |
| 2000 | -0,3 | 0,1 |
| 2500 | -0,5 | 0 |
| 3150 | -0,8 | -0,1 |
| 4000 | -1,2 | -0,2 |
| 5000 | -1,7 | -0,2 |
| 6300 | -2,4 | -0,2 |
| 8000 | -3,4 | -0,1 |
| 10000 | -4,8 | -0,8 |
| 12600 | -6,1 | -0,3 |
| 16000 | -7,0 | 1,2 |
| 20000 | -8,0 | 0,6 |

Испытания проводил:  2017г.

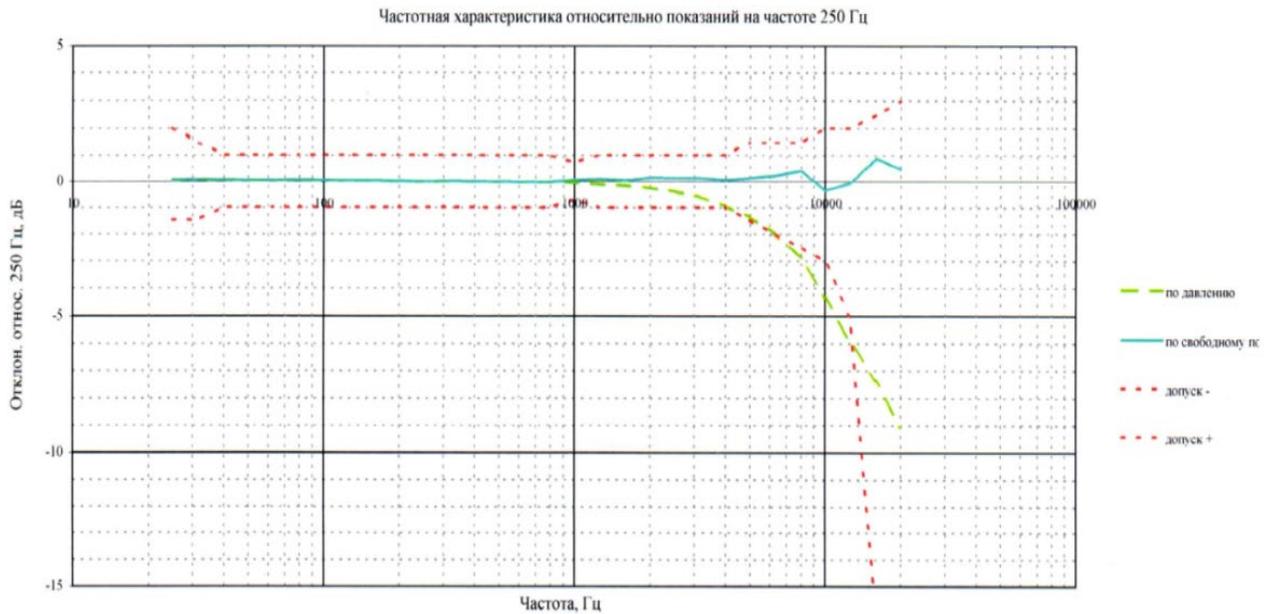
Наш адрес: 347000, Ростовская обл. г. Таганрог, Биржевой спуск, 8
Тел. (8634)312036

Примеры протоколов испытаний микрофонных капсулей, оформляемых метрологической службой ООО «ПКФ Цифровые приборы» – на рис. 2. В этих документах нужные поправки указаны в строке «по свободному полю, дБ» в таблице ниже.

Рисунок 2.

Протокол испытаний капсуля микрофонного

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



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

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

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



ООО «ПКФ Цифровые приборы»
Метрологическая служба

Москва, ул. Годовикова, 9
e-mail: service@octava.info

тел./факс: (495) 225-55-01

ПРОТОКОЛ
определения метрологических характеристик
№ 26-00010883

23 января 2026 г.

Тип: _____ Заводской номер: _____

Испытания проведены с применением эталонов: Рабочий эталон
15388.96.РЭ.01321258, Рабочий эталон 3.7.АСЩ.0001.2024

Отметка о соответствии условий окружающей среды установленным техническим требованиям: соответствует

Уровень чувствительности капсуля на частоте 1 кГц: -36,68 дБ отн. 1 В/Па

Чувствительность капсуля на частоте 1 кГц: 14,66 мВ/Па

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|
| Частота, Гц | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 |
| ЧХ по давлению, дБ | -0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ЧХ по своб. полю, дБ | -0,3 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -0,1 | 0,0 | -0,1 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Частота, Гц | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 | 4000 | 5000 | 6300 | 8000 |
| ЧХ по давлению, дБ | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -0,1 | -0,2 | -0,3 | -0,4 | -0,7 | -1,0 | -1,6 | -2,3 | -3,3 |
| ЧХ по своб. полю, дБ | -0,1 | -0,1 | -0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,3 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Частота, Гц | 10000 | 12500 | 16000 | 20000 | 25000 | 31500 | 40000 | 50000 | 63000 | 80000 | 100000 |
| ЧХ по давлению, дБ | -4,6 | -6,2 | -7,6 | -9,0 | -9,8 | -10,4 | -14,6 | | | | |
| ЧХ по своб. полю, дБ | 0,5 | 0,1 | -0,4 | 0,8 | 1,5 | 2,8 | -0,7 | | | | |

Испытания провел _____

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

Рисунок 3.

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И (ИЛИ) ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ
(заполняются при наличии соответствующих требований
в нормативном документе по поверке)

Калибровочное значение для ВМК-205 №2838
K= +0,2 (S0=50 мВ/Па)

| | |
|---|--------|
| Поправки в инфразвуковой области частот для ВМК-205 №2838 | |
| 2 Гц: | 1,2 дБ |
| 4 Гц: | 0,4 дБ |
| 8 Гц: | 0,1 дБ |
| 16 Гц: | 0,0 дБ |

Поверитель _____ (подпись) _____ (инициалы, фамилия)

Метрологической службе ООО "ПКФ Цифровые приборы"
приказом Федеральной службы по аккредитации № А-2321 от 30 июня 2014
предоставлено право поверки средств измерений.
Аттестат аккредитации в области обеспечения единства измерений
№ РОСС RU.0001.310436.

ООО "ПКФ Цифровые приборы"
Москва, ул. Головинова, 9
тел/факс: (495) 225-55-01

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

Для актов, протоколов испытаний и свидетельств о поверке, оформленных в метрологической службе ООО «ПКФ Цифровые приборы», поправка – это отклонение чувствительности микрофонного капсюля от чувствительности на опорной частоте, выраженное в дБ. Если значение поправки в конкретной частотной полосе отрицательное (кривая на рис. 2 находится ниже оси в отрицательной области), т. е. с данным микрофоном «показания занижены», то величину этой поправки по модулю (без знака) необходимо прибавлять. Если значение поправки – положительное (кривая на рис. 2 находится выше оси в положительной области), т. е. с данными микрофоном «показания завышены», то величину этой поправки по модулю необходимо вычитать. Следует отметить, что в инфразвуковой области (до 16 Гц включительно) поправки АЧХ у микрофонных капсюлей почти всегда отрицательные, а на оборотной стороне свидетельства или акта о поверке (рис. 3), выдаваемых сервисной службой ООО «ПКФ Цифровые приборы», они указываются без знака. Поправки из этого документа следует прибавлять при расчёте величины $L_{\text{изм}}(f)$.

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

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

Таблица П-1.

| | |
|--|----------------|
| МК-233 | |
| а) в диапазоне частот от 1,25 до 1,6 Гц включительно | от -6 до -1 дБ |
| б) в диапазоне частот свыше 1,6 до 3,15 Гц включительно | от -4 до 0 дБ |
| в) в диапазоне частот свыше 3,15 до 20 Гц включительно | ±2,0 дБ |
| г) в диапазоне частот свыше 20 до 4000 Гц включительно | ±0,5 дБ |
| д) в диапазоне частот свыше 4000 до 5000 Гц включительно | ±0,75 дБ |
| е) в диапазоне частот свыше 5000 до 6300 Гц включительно | ±1,0 дБ |
| ж) в диапазоне частот свыше 6300 до 8000 Гц включительно | ±1,25 дБ |
| з) в диапазоне частот свыше 8000 до 10 000 Гц включительно | ±1,5 дБ |
| и) в диапазоне частот свыше 10 000 до 12 500 Гц включительно | ±1,75 дБ |
| к) в диапазоне частот свыше 12 500 до 40 000 Гц включительно | ±2,0 дБ |
| ВМК-205 | |
| а) в диапазоне частот от 1,6 до 20 Гц включительно | ±2,0 дБ |
| б) в диапазоне частот свыше 20 до 4000 Гц включительно | ±0,8 дБ |
| в) в диапазоне частот свыше 4000 до 20 000 Гц включительно | ±2,0 дБ |
| М-201 | |
| а) в диапазоне частот от 1,6 до 20 Гц включительно | ±2,0 дБ |
| б) в диапазоне частот свыше 20 до 4000 Гц включительно | ±0,8 дБ |
| в) в диапазоне частот свыше 4000 до 20 000 Гц включительно | ±2,0 дБ |
| г) в диапазоне частот свыше 20 000 до 40 000 Гц включительно | ±4,0 дБ |
| ВМК-201 | |
| а) в диапазоне частот от 1,6 до 20 Гц включительно | ±2,0 дБ |
| б) в диапазоне частот свыше 20 до 4000 Гц включительно | ±0,8 дБ |
| в) в диапазоне частот свыше 4000 до 20 000 Гц включительно | ±2,0 дБ |
| г) в диапазоне частот свыше 20 000 до 25 000 Гц включительно | ±4,0 дБ |
| д) в диапазоне частот свыше 25 000 до 40 000 Гц включительно | ±4,5 дБ |
| МС-204 | |
| а) в диапазоне частот от 20 до 125 Гц включительно | ±1,0 дБ |
| б) в диапазоне частот свыше 125 до 2000 Гц включительно | ±0,5 дБ |
| в) в диапазоне частот свыше 2000 до 10 000 Гц включительно | ±2,0 дБ |
| ВМК-402А | |

| | |
|---|---------------|
| а) в диапазоне от 20 до 31,5 Гц включительно | ±3,0 дБ |
| б) в диапазоне свыше 31,5 до 10 000 Гц включительно | ±1,0 дБ |
| в) в диапазоне свыше 10,000 до 20 000 Гц включительно | ± 2,0 дБ |
| г) в диапазоне свыше 20 000 до 50 000 Гц включительно | +2,0; -4,0 дБ |
| д) в диапазоне свыше 50 000 до 100 000 Гц | +2,0; -8,0 дБ |

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

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

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

Учет дополнительных погрешностей при измерениях УЗД производится по формуле:

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

Здесь Δ_1 – модуль границы неисключенной систематической погрешности (НСП) измерения звука в соответствии с **Таблицей УЗ-2** МИ ПКФ-12-006, Δ_k – модуль k -й дополнительной погрешности в дБ.

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

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

Рассмотрим пример.

Необходимо измерить уровень звукового давления в октавной полосе со среднегеометрической частотой 4 кГц. Для измерений используется шумомер-анализатор

спектра Экофизика-110А с микрофонным капсюлем ВМК-205. При измерениях используется дополнительное приспособление – ветрозащита W2. Температура в момент измерения составляет 24°C, а относительная влажность – 35%. Согласно **Таблице УЗД-W-1/1** дополнительная погрешность измерения в данной октавной полосе при использовании ветрозащиты составляет ±0,2 дБ. Согласно **Таблице УЗ-ДП-2** дополнительные погрешности, связанные с условиями измерений, составляют ±0,15 дБ и ±0,1 дБ соответственно.

Рассмотрим два варианта выполнения измерений и получения результата.

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

1. Данные о поправках на АЧХ микрофона отсутствуют

При отсутствии информации о поправках на АЧХ микрофонного капсюля (например, при утере протоколов испытаний) следует ориентироваться на предельные отклонения микрофона из его эксплуатационной документации. По **Таблице 1** определяют, что в октавной полосе 4 кГц предельное отклонение составляет ±0,8 дБ. Формула для расчета УЗД выглядит следующим образом:

$$L_{\text{изм}}(f) = L_{\text{инд}}(f) + \Delta L_{\text{микро}}(f) + \Delta L_{\text{доп}}(f)$$

здесь

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

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

Далее необходимо оценить погрешность измерения (НСП).

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

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

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

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

2. Данные о поправках на АЧХ микрофона имеются

В этом случае смотрим в таблицу протокола испытаний микрофонного капсюля. Предположим, что мы имеем только свидетельство о первичной калибровке, предоставленное изготовителем микрофонного капсюля (рисунок 1). Из таблицы видим,

что в октавной полосе 4 кГц неравномерность частотных характеристик по свободному полю составляет минус 0,2 дБ (т. е. в октавной полосе 4 кГц показания «занижены» на величину этой поправки, и ее величину по модулю необходимо прибавить к снятому с индикатора значению). Формула для расчета УЗД выглядит следующим образом:

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

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

Далее необходимо учесть погрешность измерения.

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

здесь $\Delta_1 = 0,7$ дБ (модуль погрешности измерения звука в соответствии с **Таблицей УЗ-1** МИ ПКФ-12-006, в зависимости от типа используемого оборудования), $\Delta_{k1} = 0,2$ дБ (модуль погрешности измерения обусловленной наличием ветрозащиты). Поскольку поправка на микрофон известна и учтена в формуле расчета УЗД, $\Delta_{k2} = 0$ (микрофонная поправка известна, вклада в погрешность измерений нет), $\Delta_{k3} = 0,2$ дБ (вклад, обусловленный наличием ветрозащиты), $\Delta_{k4} = 0,15$ дБ (вклад, обусловленный влиянием температуры), $\Delta_{k5} = 0,1$ дБ (вклад, обусловленный влиянием относительной влажности).

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

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

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

Приложение № 3.

Учёт особенностей вибропреобразователей при прямых измерениях уровней ускорения в октавных и третьоктавных полосах частот

Аналогично учету поправок для микрофонных капсулей (Приложение 2) учитываются особенности вибропреобразователей при измерениях уровней виброускорения $L_{изм}(f)$ (результат измерения уровня виброускорения в 1/n-октавной полосе с центральной частотой f). В данном разделе подробно рассматривается процесс расчета величины уровня виброускорения с учётом дополнительных поправок, вносящих вклад в результат измерения, а также расчета погрешности измерения и стандартной неопределенности.

1. Учет поправок на неравномерность частотных характеристик вибропреобразователей.

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

$$L_{изм}(f) = L_{инд}(f) + \Delta L_{вп}(f) \quad (1)$$

где

1. $L_{инд}(f)$ – значение уровня виброускорения, отображаемое на индикаторном блоке (показания прибора).
2. $\Delta L_{вп}(f)$ – поправка для конкретного вибропреобразователя для частоты f . Эта поправка на АЧХ указана в протоколе испытаний вибропреобразователя. Такие протоколы, например, оформляются при поверке в метрологической службе ООО «ПКФ Цифровые приборы».

Пример протокола испытаний вибропреобразователей, оформляемых метрологической службой ООО «ПКФ Цифровые приборы» – на рис. 1. В протоколе нужные поправки указаны в таблице в строках «ЧХ».

Для определения поправок $\Delta L_{вп}(f)$ следует использовать наиболее актуальный протокол.

Для протоколов испытаний, оформленных в метрологической службе ООО «ПКФ Цифровые приборы», поправка – это разность между чувствительностью на опорной частоте и фактической чувствительностью датчика. Отрицательное значение поправки в конкретной частотной полосе означает, что «показания завышены». И наоборот, если значение поправки – положительное, то с данными вибропреобразователем «показания занижены». Это означает, что поправки из протокола определения метрологических характеристик образца как на рис. 1 равны $\Delta L_{вп}(f)$ с обратным знаком: $\Delta L_{вп}(f) = -\text{ЧХ}$.

У каждого вибропреобразователя поправки индивидуальные, но есть общие требования к максимальным отклонениям (предельные отклонения, или неравномерность АЧХ), в пределах которых должны находиться поправки для каждого типа вибропреобразователей. Предельные отклонения указываются в эксплуатационной документации на датчик, например в паспорте или описании типа на вибропреобразователь.

Для примера в таблице 1 для некоторых типов вибропреобразователей приведены допускаемые пределы нелинейности амплитудной характеристики.

Рисунок 1.



**ООО «ПКФ Цифровые приборы»
Метрологическая служба**

Москва, ул. Годовикова, 9
e-mail: service@octava.info

тел./факс: (495) 225-55-01

**ПРОТОКОЛ
определения метрологических характеристик
№ 26-00010976**

17 февраля 2026 г.

Тип: AP2082M-100 Заводской номер: 3278

Испытания проведены с применением эталонов: Установка поверочная виб-
рационная 2 разряда 3.2.ВЖИ.0003.2013

Отметка о соответствии условий окружающей среды установленным техническим
требованиям: соответствует

| Канал | Чувств. датчика, мВ/мс ² | Чувств. датчика, мВ/g |
|---------|-------------------------------------|-----------------------|
| канал X | 10,2 | 100,0 |
| канал Y | 10,6 | 104,0 |
| канал Z | 10,3 | 100,6 |

| Частота, Гц | | 6,3 | 8 | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 |
|--------------------|---------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| ЧХ отн. 160 Гц, дБ | канал X | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| ЧХ отн. 160 Гц, дБ | канал Y | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| ЧХ отн. 160 Гц, дБ | канал Z | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

| Частота, Гц | | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 |
|--------------------|---------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| ЧХ отн. 160 Гц, дБ | канал X | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 |
| ЧХ отн. 160 Гц, дБ | канал Y | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 |
| ЧХ отн. 160 Гц, дБ | канал Z | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,2 | -0,2 |

| Частота, Гц | | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 | 4000 |
|--------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ЧХ отн. 160 Гц, дБ | канал X | -0,2 | -0,2 | 0,2 | -0,1 | | | | | |
| ЧХ отн. 160 Гц, дБ | канал Y | -0,2 | -0,3 | 0,2 | -0,1 | | | | | |
| ЧХ отн. 160 Гц, дБ | канал Z | -0,2 | -0,3 | 0,3 | -0,1 | | | | | |

Испытания провел _____ /

Предельные отклонения из описания типа – это не поправка $\Delta L_{en}(f)$ на вибропреобразователь! Это максимально допустимое отклонение от 0,0 дБ для этой поправки для данного типа вибропреобразователей. Предельные отклонения не нужно прибавлять (или вычитать) к показаниям в формуле (1), а нужно учитывать в

дополнительной погрешности (см. далее), если конкретные значения поправок неизвестны. Таким образом, при отсутствии сведений (утере или неведении) о поправке $\Delta L_{en}(f)$ в формуле (1) эту поправку принимают равной 0,0 дБ, но при этом необходимо учитывать дополнительный вклад при оценке погрешности измерений.

II. Учет дополнительных вкладов при оценке погрешности прямого однократного измерения уровней виброускорения.

Учет дополнительных погрешностей при измерениях УЗД производится по формуле:

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

где Δ_1 – модуль погрешности измерения в соответствии с Таблицей В-2, Δ_k – модуль k-й дополнительной погрешность в децибелах (например, неравномерность АЧХ в диапазоне 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 предельно допустимым отклонениям неравномерности АЧХ в рассматриваемом диапазоне частот в соответствии с документацией на вибропреобразователь (Таблица 1, Таблица 2).

Таблица 1. Неравномерность АЧХ для вибропреобразователей серии AP20XX

| Вибропреобразователи серии AP20XX | Рабочий диапазон частот, Гц | | |
|--|-----------------------------|------------------|------------------|
| | Диапазон А | Диапазон В | Диапазон С |
| Модификация | | | |
| AP2082M-100 | от 0,4 до 16000 | от 0,5 до 10000 | от 10 до 3000 |
| AP2038P-10 | от 0,3 до 14000 | от 0,5 до 10000 | от 10 до 5000 |
| AP2037P-10 | от 0,3 до 20000 | от 0,5 до 15000 | от 5 до 5000 |
| AP2098 | от 0,4 до 20000 | от 0,5 до 12000 | от 10 до 3500 |
| AP2037-100 | от 0,3 до 20000 | от 0,5 до 15000 | от 5 до 5000 |
| AP2031 | от 0,5 до 20000 | от 1 до 18000 | от 10 до 5000 |
| AP2022 | от 5 до 20000 | от 15 до 20000 | - |
| AP2099-100 | от 0,4 до 14000 | от 0,5 до 10000 | от 10 до 3000 |
| AP2006-500 | от 0,1 до 3800 | от 0,1 до 2000 | от 10 до 600 |
| Неравномерность частотной характеристики, дБ | от -5,19 до +3,23 | от -1,16 до 1,02 | от -0,35 до 0,34 |

Таблица 2. Неравномерность АЧХ для вибропреобразователей серии 1V

| Вибропреобразователи серии 1V | Рабочий диапазон частот, Гц | |
|---|-----------------------------|------------------|
| | 1V151НС-100, 1V151НС-10 | от 3 до 30000 |
| 1V102НВ-100, 1V102НВ-10, 1V102ТВ-100, 1V102ТВ-10 | от 0,3 до 24000 | от 0,5 до 16000 |
| 1V101НВ-100 | от 0,2 до 12000 | от 0,5 до 6300 |
| 1V154НС-100 | от 0,3 до 10000 | от 0,5 до 6000 |
| 1V401НС-500 | от 0,04 до 4500 | от 0,1 до 3000 |
| Неравномерность частотной характеристики, дБ | от -5,19 до +3,23 | от -1,16 до 1,02 |

Рассмотрим пример.

Необходимо измерить уровень виброускорения в октавной полосе со среднегеометрической частотой 500 Гц. Для измерений используется шумомер-анализатор спектра Экофизика-110А с вибропреобразователем АР2082М-100.

Рассмотрим два варианта выполнения измерений и получения результата. Предположим, что показания, снятые с индикатора прибора трехканальным датчиком вибрации по каналу Z составляют 80,0 дБ, по каналу X – 67,0 дБ, по каналу Y – 68,0 дБ, измеряется ударная вибрация.

1. Данные о поправках на АЧХ вибропреобразователя отсутствуют.

При отсутствии информации о поправках на АЧХ вибропреобразователя (например, при утере протоколов испытаний) следует ориентироваться на предельные отклонения датчика из его эксплуатационной документации. По **Таблице 1** определяют, что в октавной полосе 500 Гц предельное отклонение составляет от -0,35 дБ до 0,34 дБ. Формула для расчёта уровней виброускорения по всем трём каналам выглядит следующим образом:

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

здесь $\Delta L_{\text{вп}}(f) = 0,0$ дБ (поскольку величина поправки неизвестна).

Следовательно:

- для канала X: $L_{\text{изм}, X}(f) = 67,0 + 0,0 = 67,0$ дБ,
- для канала Y: $L_{\text{изм}, Y}(f) = 68,0 + 0,0 = 68,0$ дБ,
- для канала Z: $L_{\text{изм}, Z}(f) = 80,0 + 0,0 = 80,0$ дБ.

Далее необходимо оценить погрешность измерения (НСП). Для всех трех направлений:

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

Здесь $\Delta_1 = 1,0$ дБ (НСП измерения уровней виброускорения в соответствии с **Таблицей В-2** МИ ПКФ-12-006, в зависимости от типа используемого оборудования), $\Delta_{k1} = 0,35$ дБ (максимальная по модулю неравномерность АЧХ вибропреобразователя для частоты 500 Гц).

$$\Delta L = 20 \cdot \lg \left(1 + \sqrt{\left(10^{\frac{1}{20}} - 1\right)^2 + \left(10^{\frac{0,35}{20}} - 1\right)^2} \right) = 1,05 \text{ дБ}$$

и стандартная неопределенность измерения для каждого направления:

$$u_B = \frac{\theta_\Sigma}{\sqrt{3}} = \frac{\Delta L}{\sqrt{3}} = 0,60 \text{ дБ.}$$

2. Данные о поправках на АЧХ вибропреобразователя имеются

В этом случае смотрим в таблицу протокола испытаний вибропреобразователя. Предположим, что в наличии имеется протокол определения метрологических характеристик (рисунок 1). Из таблицы видим, что в октавной полосе 500 Гц неравномерность частотных характеристик составляет: по каналу X — минус 0,1 дБ, по каналу Y — минус 0,1 дБ, по каналу Z — минус 0,2 дБ (т. е. в октавной полосе 500 Гц показания «завышены» на величину этой поправки, и ее величину с учетом знака необходимо прибавить к снятому с индикатора значению). Формула для расчёта уровня виброускорения выглядит следующим образом:

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

- канал X: $L_{изм, X}(f) = 67 - 0,1 = 66,9$ дБ,
- канал Y: $L_{изм, Y}(f) = 68 - 0,1 = 67,9$ дБ,
- канал Z: $L_{изм, Z}(f) = 80 - 0,2 = 79,8$ дБ,

Далее необходимо учесть погрешность измерения. Для каждого из трех направлений:

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

здесь $\Delta_1 = 1,0$ дБ (модуль погрешности измерения уровня виброускорения в соответствии с **Таблицей В-2** МИ ПКФ-12-006, в зависимости от типа используемого оборудования). Поскольку поправка на неравномерность АЧХ вибропреобразователя известна и учтена в формуле расчёта уровня виброускорения, $\Delta_{k1} = 0$ (поправка известна, вклад в погрешность измерений нет)

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

и стандартная неопределенность измерения: $u_B = \frac{\Delta L}{\sqrt{3}} = 0,58$ дБ.

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

Дополнение № 1.
О приборах Октава-110А (ЭКО), Октава-110В (ЭКО), Экофизика

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

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

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

