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

# Однократные прямые измерения уровней звука, звукового давления и вибрации приборами серий ОКТАВА и ЭКОФИЗИКА

## МИ ПКФ-12-006
## МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

ПРИЛОЖЕНИЕ К РУКОВОДСТВАМ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПКДУ.411000.03РЭ, ПКДУ.411000.005РЭ, ПКДУ.411000.010РЭ ПКДУ.411000.003.01РЭ, ПКДУ.411000.001РЭ (АВНР.411171.007РЭ), ПКДУ.411000.001.02РЭ, ПКДУ.411000.001.03 РЭ, ПКДУ.411000.002.01 РЭ, РЭ 4381-003-76596538-06, РЭ 4381-002-76596538-06, РЭ 4277-002-76596538-05

Редакция 12

Москва
2020 г.

gost.e-ecolog.ru

**Учебный центр приборостроительного объединения**

**«Октава-ЭлектронДизайн» находится по адресу:**

г. Москва, ул. Годовикова, д.9, стр.12, подъезд 12.1, 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

gost.e-ecolog.ru

# ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение ..... 4

2. Методика выполнения однократного прямого измерения уровня звука ..... 5

3. Методика выполнения однократного прямого измерения корректированного ускорения общей и локальной вибрации ..... 9

4. Методика выполнения однократного прямого измерения уровней ускорения в октавных и третьоктавных полосах частот ..... 16

5. Методика выполнения однократного прямого измерения уровня звукового давления в октавных (третьоктавных) полосах частот в диапазоне 31,5 – 16000 Гц (25 – 20000 Гц) ..... 22

6. Методика выполнения однократного прямого измерения уровня звукового давления в октавных (третьоктавных) полосах частот в диапазоне 2 – 16 Гц (1,6 – 20 Гц) и в полосе частот фильтра FI ..... 27

7. Методика выполнения однократного прямого измерения уровня звукового давления третьоктавных полосах частот в диапазоне 12500 – 100000 Гц ..... 31

8. Методика выполнения однократного прямого измерения уровней виброскорости с датчиком AV-01 ..... 34

9. Методика выполнения однократного прямого измерения уровней виброскорости в октавных и третьоктавных полосах частот с использованием акселерометров ..... 37

Дополнение №1. О приборах ОКТАВА-110А (ЭКО), ОКТАВА-110В (ЭКО), ЭКОФИЗИКА ..... 42

# *1. Введение*

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

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

Однако если затем мы захотим интерпретировать наши измерения более широко, точность нашей оценки, скорее всего, ухудшится. Например, если мы будем трактовать 15-минутное измерение уровня шума как оценку шумового воздействия за 8-часовую рабочую смену, то неопределенность этой оценки будет значительно выше инструментальной погрешности, 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 нашего рассмотрения.

**Как пользоваться этим документом**

Настоящий документ является частью эксплуатационной документации (руководства по эксплуатации) соответствующих шумомеров, обозначение которых приведено на обложке и в Дополнении 1. При проведении измерений необходимо руководствоваться не только этим документом, но и требованиями всех остальных частей эксплуатационной документации.

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

Показателями точности измерений в данной методике является погрешность.

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

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

Указанные в таблицах настоящего документа предельные значения погрешности следует рассматривать в качестве границ $\Theta_\Sigma$ неисключенной систематической погрешности (НСП) по ГОСТ Р 8.736, а среднеквадратичное отклонение НСП можно понимать как стандартную неопределенность прямого однократного измерения по типу В или как инструментальный вклад в неопределённость 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:
$u_B = \frac{\Theta_+ - \Theta_-}{\sqrt{12}}$, где $\Theta_+$ и $\Theta_-$ - верхняя и нижняя граница НСП.

## 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 **Экофизика110А** 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 **TRP001R** и подсоединяется к индикаторному блоку с помощью удлинительного кабеля. При измерениях на открытом воздухе целесообразно использовать ветрозащиту **W2** или **W3**. Однако, если скорость ветра превышает 3÷4 м/с, результаты измерения будут искажены. **Дополнительная погрешность измерения уровня звука при использовании ветрозащиты не превышает ±0,2 дБ.**

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

2. При измерениях звукового давления важно помнить, что микрофон должен находиться в термодинамическом равновесии с окружающей средой. Поэтому при перенесении микрофона из теплой среды в холодную и наоборот необходимо выждать не менее 30 минут.
3. Перед проведением измерений следует проверить калибровку шумомера с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации. При подаче калибровочного сигнала показания шумомера должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах ±0,3 дБ. Если проверка калибровки не проводится, при оценке погрешности измерений необходимо учитывать дополнительные погрешности, связанные с влиянием внешних факторов (температуры, влажности, атмосферного давления, электромагнитных полей), которые приводятся в руководстве по эксплуатации шумомера.

Для выполнения проверки калибровки применяют акустические калибраторы АК-1000, CAL200, Тип 4231 или иные калибраторы, рекомендуемые производителем шумомера. ***Акустический калибратор ЗАЩИТА-К не рекомендован к применению с приборами, указанными выше***

4. Приборы серий **ОКТАВА** и **ЭКОФИЗИКА** в комплекте с микрофонными капсюлями **ВМК-205**, **МК-265**, **МК-233, М-201** и их аналогами измеряют уровень звука и звукового давления, которые были бы в измерительной точке свободного звукового поля в отсутствие микрофона. Ось чувствительности микрофона перпендикулярна мембране микрофонного капсюля и направлена по оси предусилителя. При измерениях в свободном поле ось чувствительности микрофона должна быть направлена на источник звука.
5. При измерении шума в ручном режиме оператор должен находиться на расстоянии не менее чем 50 см от микрофона так, чтобы отражения от его тела не сказывались на результатах.

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

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

**Таблица УЗ-Ш.** Значения этой поправки для некоторых значений ε:

| Разность измеренного уровня и уровня собственных шумов, Δ, дБ | 3,0-3,5 | 3,6-4,0 | 4,1-4,5 | 4,6-5.0 | 5,1-6,0 | 6,1-7,0 | 7,1-8,0 | 8,1-9,0 | 9,0-10,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Поправка, вычитаемая из измеренного значения, ε, дБ | 2,8 | 2,4 | 2,0 | 1,8 | 1,4 | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 0,5 |

14. Диапазоны и погрешности измерения уровней звука приведены в Таблице 1.
15. Для учета дополнительных погрешностей на влияние ветрозащиты и внешних факторов следует пользоваться формулой:

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

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

16. После проведения измерений также рекомендуется проверить калибровку шумомера с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации.

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

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$, мВ/Па | Диапазон измерения при номинальной чувствительности *) | Погрешность измерения, не более, дБ |
|---|---|---|---|---|---|
| ОКТАВА-110А-ЭКО<br><br>ОКТАВА-110А | ЭкоЗвук-110А<br><br>Звук+ | - ИИБ ОКТАВА-110А-ЭКО или ОКТАВА-110А<br>- Предусилитель Р200<br>- Калибратор АК-1000<br>- Кабель EXC00XR (опция) | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | • ***Синусоидальный сигнал частоты 1000 Гц:***<br>± 0,7 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений);<br>± 1,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).<br>• ***Постоянный и колеблющийся шум:***<br>± 0,7 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений);<br>± 0,9 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).<br>• ***Импульсный шум:***<br>±0,7 дБ (при длительности импульса до 200 мс, F_Max – S_Max< 6 дБ);<br>±1,1 дБ (при длительности импульса от 100 до 5 мс для характеристик F и Leq и от 100 до 50 мс для характеристики S)<br>• ***Погрешность измерения пикового уровня:***<br>±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) | 50 | 22 – 139 дБА,<br>27 – 139 дБС,<br>31 – 139 дБZ | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233 | 14 | 33 – 150 дБА,<br>38 – 150 дБС,<br>42 – 150 дБZ | |
| ОКТАВА-101АМ | Звук | - ИИБ ОКТАВА-101АМ<br>- Предусилитель КММ400<br>- Калибратор АК-1000<br>- Кабель EXC00XR (опция) | | Диапазон измерения делится на четыре поддиапазона | |
| | | - Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201) | 50 | 22 – 145 дБА,<br>27 – 145 дБС,<br>31 – 145 дБZ | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233 | 14 | 33 – 156 дБА,<br>38 – 156 дБС,<br>42 – 156 дБZ | |
| ОКТАВА-111 | | ИИБ ОКТАВА-111<br>- Предусилитель Р200<br>- Калибратор АК-1000<br>- Кабель EXC00XR (опция) | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | • ***Тональный*** и широкополосный шум, не содержащий импульсов:<br>± 0,6 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений);<br>± 0,9 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).<br>• ***Импульсный*** шум:<br>±0,6 дБ (при длительности импульса до 200 мс, F_Max-S_Max< 6 дБ);<br>±1,0 дБ (при длительности импульса от 100 до 5 мс для характеристик Fast и Leq и от 100 до 50 мс для характеристики Slow). |
| | | - Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201) | 50 | 19 – 140 дБА,<br>18 – 140 дБAU<br>21 – 140 дБС,<br>24 – 140 дБZ | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233 | 14 | 30 – 151 дБА,<br>29 – 151 дБAU<br>32 – 151 дБС<br>35 – 151 дБZ | |

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$, мВ/Па | Диапазон измерения при номинальной чувствительности *) | Погрешность измерения, не более, дБ |
|---|---|---|---|---|---|
| ЭКОФИЗИКА<br><br>ЭКОФИЗИКА-110А | ЭкоЗвук<br><br>ЭкоЗвук-ЭФБ-110А | - ИБ ЭКОФИЗИКА-D или ИБ ЭКОФИЗИКА-D (Белая)<br>- ИМ 110А или HF<br>- Предусилитель Р200<br>- Калибратор АК-1000<br>- Кабель EXC00XR (опция) | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | • ***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).<br>• ***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).<br>• ***Импульсный шум:*** ±0,7 дБ (при длительности импульса до 200 мс, Fast_Max – Slow_Max< 6 дБ); ±1,1 дБ (при длительности импульса от 100 до 5 мс для характеристик Fast и Leq и от 100 до 50 мс для характеристики Slow)<br>• ***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) | 50 | 22 – 139 дБА,<br>27 – 139 дБС,<br>31 – 139 дБZ | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233 | 14 | 33 – 150 дБА,<br>38 – 150 дБС,<br>42 – 150 дБZ | |
| | | - Микрофон МК-301, 4135 | 5 | 42-159 дБА,<br>47-159 дБС,<br>51-159 дБZ | |
| | | - Микрофон ВМК-401, 4136 | 1,5 | 51-168 дБА,<br>56-168 дБС,<br>60-168 дБZ | |

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

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

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

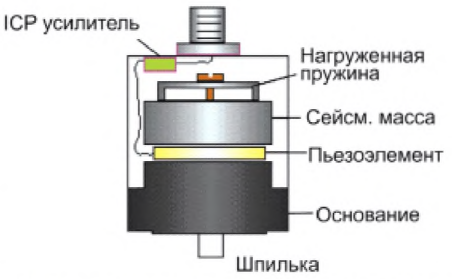
2) Указанные в таблице пределы диапазонов измерений соответствуют максимальным и минимальным уровням звука, которые шумомер измеряет в соответствии с требованиями класса 1 по ГОСТ Р 53188.1. Специализированные методики измерений могут позволять производить оценку уровней звука ниже минимального предела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

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

Средства измерения указаны в Таблице В-1.

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

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



ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКСЕЛЕРОМЕТР

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

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

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

Датчики, применяемые с приборами серий **ОКТАВА** и **ЭКОФИЗИКА** (**АР2037**, **АР98**, **АР2082**, **АР2038**, **ДН-4-Э**, **АР2099**, **АР2098 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°С).

Классические, не-IEPE, или зарядовые, пьезоакселерометры могут быть подсоединены к прибору с помощью усилителя заряда **AQ05**.

Датчики вибрации, применяемые с прибором, могут быть **1-компонентными** (**ДН-4-Э**, **АР2098**, **АР98**, **АР2037, АР2099**) или **3-компонентными** (**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. Направление осей чувствительности вибропреобразователя указаны на маркировке на корпусе датчика.

При установке на объект трехкомпонентный датчик нужно ориентировать так, чтобы направления осей чувствительности **X**, **Y**, **Z** совпадали с интересующими направлениями вибрации.

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

| **Тип вибрации** / **Датчик** | **Транспортная и транспортно-технологическая вибрация (сиденья)** | **Вибрация на полу** | **Локальная вибрация (умеренная: рычаги управления, рулевое управление, неударный инструмент)** | **Сильная локальная вибрация (ударный инструмент, шлифовальные машины, заточные станки и т.п.)** |
|---|---|---|---|---|
| **АР2082М-100** (100 мВ/g), трехкомпонентный | Оптимально<br>Адаптер: **003РД/004РД** | Производственные и коммунальные вибрации (исключая очень слабые)<br>Адаптер: **003ОП, 004ОП** | Допускается использование<br>Адаптеры: **002КР**, **022КР**, **022КБ** | Не рекомендуется |
| **АР2038Р-10** (10 мВ/g), трехкомпонентный | На жестких и плоских поверхностях<br>Адаптер:**003РД/ 004РД, 002ОТ** | Сильные вибрации выше 10 мм/с$^2$<br>Адаптер: **003ОП, 004ОП** | Допускается использование<br>Адаптеры: **002КР**, **022КР**, **022КБ** | Допускается использование (есть некоторый риск перегрузки)<br>Адаптеры: **002КР**, **022КР**, **022КБ** |
| **АР2037-10** (10 мВ/g) | Для ориентировочных измерений и исследований. На жестких и плоских поверхностях<br>Адаптер: **001ОТ** | Производственные вибрации. Может использоваться для измерений вибрации порядка 10 мм/с$^2$<br>Адаптер: **003ОП** | Только для ориентировочных измерений | Не рекомендуется |
| **АР98**, **АР2098** **АР2037-100** (100 мВ/g), 1-компонентный | | Производственные и коммунальные вибрации. Может использоваться для измерений вибрации порядка 1 мм/с$^2$<br>Адаптер: **004ОП** | | |
| **ДН-4-Э** | | | Не рекомендуется | |
| **АР2031**, 1-комп. **АР2022**, 3-комп. | — | — | — | Для установки на тонкие пластины |
| **АР2099-100** (100 мВ/g) 1-компонентный | — | Слабые вибрации строительных и инженерных конструкций. Адаптер **004ОП** | — | — |
| **АР2006-500** (500 мВ/g) 1-компонентный | — | Сверхслабые низкочастотные вибрации | — | — |

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

Рекомендуемые модели портативных виброкалибраторов: КВ-160, АТ01, АТ01m, 394С06.

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

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

- для уровней общей вибрации с коррекцией Fk, Fm : ±0,3 дБ;
- для уровней локальной вибрации с коррекцией Fh: ±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: ±0,4 дБ;

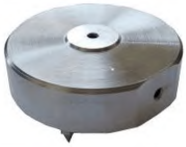
Если проверка калибровки не проводится, следует провести опробование виброметра:

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

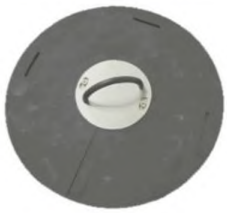
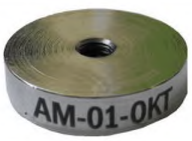
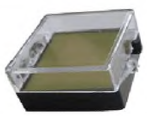
При проверке калибровке виброметра следует учитывать рекомендации **МР ПКФ-14-021**.

4. Установить вибропреобразователь на вибрирующую поверхность.

**Рекомендуемые способы установки**

| | | |
|---|---|---|
|  | 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 |

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

| | | |
|---|---|---|
|  | 001ОТ | Кубик для установки однокомпонентного датчика с различной ориентацией на платформу 002ОТ (см. выше) |
|  | 003РД | Полужесткий диск для установки 3-компонентного датчика АР2082М (003РД) или АР2038Р. Применяется для измерений вибрации на любых сиденьях |
|  | 002КР | Адаптер кисти руки (одно положение установки 3-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента |
|  | 001КР/ 001КРН | Адаптер кисти руки (три положения установки 1-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента |
|  | 022КР | Адаптер рукоятки для измерений. Зажимается между ладонью и рукояткой вибрирующего инструмента |
|  | 022КБ/ 004АР5022 | 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-01-1 | Восковая мастика для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц |

Основание датчика должно плотно прилегать к вибрирующей поверхности.

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

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

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

Ориентировать трёхкомпонентный акселерометр необходимо согласно маркировке на корпусе датчика виброускорения.

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

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

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

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

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

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

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

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$, мВ/мс$^{-2}$ | Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. 1 мкм/с$^2$ *) | Погрешность измерения, не более дБ |
|---|---|---|---|---|---|
| ОКТАВА-110А<br>ОКТАВА-110А-ЭКО<br>ЭКОФИЗИКА-110А | Общая вибрация-1<br>Локальная вибрация-1 | - ИИБ (измерительно-индикаторный блок)<br>- Адаптер 110А-IEPE | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | • ***Синусоидальный сигнал опорной частоты (16 Гц для общей вибрации; 80 Гц – для локальной вибрации)***:<br>± 0,3 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений);<br>± 0,6 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).<br>• ***Безударная вибрация***:<br>± 1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений);<br>± 1,2 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений);<br>± 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).<br>• ***Ударная вибрация***: ±1,0 дБ |
| | Общая вибрация ЭФБ-110А<br>Локальная вибрация ЭФБ-110А<br>Общая вибрация ЭФБ-HF (канал А)<br>Локальная вибрация ЭФБ-HF (канал А) | - ВП АР2037-100 (АР2098, АР98 АР2082М-100, АР2038-100) | 10 | 56 – 174 (Wd),<br>60 – 174 (Wk),<br>58 – 174 (Wm),<br>60 – 174 (Wh) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2037-10, АР2038Р-10 | 1 | 76 – 194 (Wd),<br>80 – 194 (Wk),<br>78 – 194 (Wm),<br>80 – 194 (Wh) | |
| | | - Вибропреобразователь ДН-4-Э | 1,1 | 62 – 192 (Wd),<br>60 – 192 (Wk),<br>58 – 192 (Wm),<br>60 – 194 (Wh) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2031-3 | 0,3 | 86 – 204 (Wd),<br>90 – 204 (Wk),<br>90 – 204 (Wh) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2099-100 | 10 | 54 – 174 (Wd),<br>51– 174 (Wk),<br>53 – 174 (Wm) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2006-500 | 50 | 33 – 161 (Wd),<br>33 – 161 (Wk),<br>33 – 161 (Wm) | |

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$, мВ/мс$^{-2}$ | Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. 1 мкм/с$^2$ *) | Погрешность измерения, не более дБ |
|---|---|---|---|---|---|
| ОКТАВА-101ВМ<br>ОКТАВА-110В<br>ЭКОФИЗИКА<br>ЭКОФИЗИКА-110А<br>ЭКОФИЗИКА-110В<br>ЭКОФИЗИКА-111В | Общая вибрация-3<br>Локальная вибрация-3 (каналы X, Y, Z)<br>(каналы К1, К2, К3)<br>Общая вибрация ЭФБ-HF (X, Y, Z)<br>Локальная вибрация ЭФБ-HF (X, Y, Z)<br>Общая вибрация ЭФБ-110В (К1,К2,К3)<br>Локальная вибрация ЭФБ-110В (К1,К2,К3) | - ИИБ (измерительно-индикаторный блок) | | Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов) | • ***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).<br>• ***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).<br>• ***Ударная вибрация***: ±1,0 дБ |
| | | - Вибропреобразователь АР2082М-100 (АР2038-100, АР2098-100, АР98100, АР2037-100) | 10 | 56 – 165 (Wd),<br>60 – 165 (Wk),<br>58 – 165 (Wm),<br>66 – 165 (Wh),<br>65 - 165 (Fk),<br>75 - 165 (Fh) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2038Р-10, АР2037-10 | 1 | 76 – 185 (Wd),<br>80 – 185 (Wk),<br>78 – 185 (Wm),<br>86 – 185 (Wh) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2031-3 | 0,3 | 86 – 195 (Wd),<br>90 – 195 (Wk),<br>90 – 195 (Wh) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2099-100 | 10 | 54 – 165 (Wd),<br>51– 165 (Wk),<br>53 – 165 (Wm) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2006-500 | 50 | 33 – 151 (Wd),<br>33 – 151 (Wk),<br>33 – 151 (Wm) | |

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

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

2) Указанные в таблице пределы диапазонов измерений соответствуют максимальным и минимальным уровням вибрации, которые виброметр измеряет в соответствии с требованиями ГОСТ ИСО 8041. Специализированные методики измерений могут позволять производить оценку уровней виброускорения ниже минимального предела благодаря учету собственных шумов или фона, либо посредством перехода от двустороннего к одностороннему интервалу неопределенности.

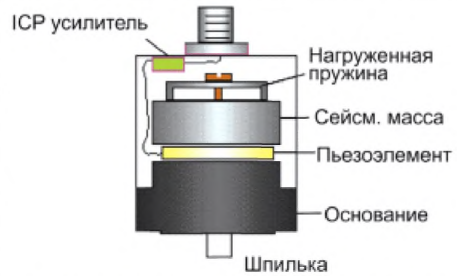
3) Нижний предел диапазона измерений корректированного ускорения для конкретного датчика может отличаться из-за технологического разброса собственных шумов. При наличии данных об ожидаемом уровне собственных шумов в качестве нижнего предела измерений следует принимать величину корректированного ускорения ожидаемых собственных шумов 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 появляется электрический заряд (явление «пьезоэлектричество»). Величина заряда пропорциональна силе, а, следовательно, и ускорению.



ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКСЕЛЕРОМЕТР

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

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

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

Датчики, применяемые с приборами серий **ОКТАВА** и **ЭКОФИЗИКА** (**АР2037**, **АР98**, **АР2082**, **АР2038**, **ДН-4-Э**, **АР2099**, **АР2098 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°С).

Классические, не-IEPE, или зарядовые, пьезоакселерометры могут быть подсоединены к прибору с помощью усилителя заряда **AQ05**.

Датчики вибрации, применяемые с прибором, могут быть **1-компонентными** (**ДН-4-Э**, **АР2098**, **АР98**, **АР2037, АР2099**) или **3-компонентными** (**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. Направление осей чувствительности вибропреобразователя указаны на маркировке на корпусе датчика.

При установке на объект трехкомпонентный датчик нужно ориентировать так, чтобы направления осей чувствительности **X**, **Y**, **Z** совпадали с интересующими направлениями вибрации.

### Таблица В-2-ВП. Полезные замечания по выбору датчика вибрации

Частотные диапазоны измерения ускорения для некоторых наиболее употребительных датчиков:

| Модель | Минимальная частота (для неравномерности АЧХ ±1 дБ), Гц | Максимальная рекомендуемая частота ( $f_{рез}/5$ ), Гц *) | Резонансная частота, Гц |
|---|---|---|---|
| АР98, АР98-100, АР2098-100 | 0,5 | 8000 | >40 000 |
| АР2037-10, АР2037-100 | 0,5 | 9000 | >45 000 |
| ДН-4-Э | 0,4 | 5000 | >25 000 |
| АР2099-100 | 0,5 | 3000 | >15 000 |
| АР2006-500 | 0,1 | 1400 | >7000 |
| АР2031-3 | 0,5 | 12000 | >60 000 |
| АР2082М-100 | 0,5 | 6000 | >30 000 |
| АР2038Р-10, АР2038Р-100 | 0,5 | 7000 | >35 000 |

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

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

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

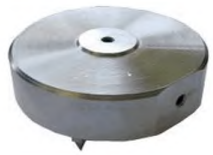
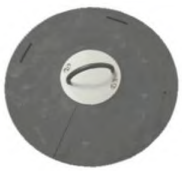
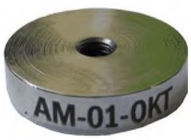
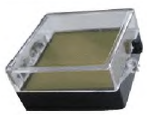
**Примечание**: уровень калибровочного сигнала 10 м/с$^2$ соответствует 140 дБ отн. 1 мкм/с$^2$.

Если проверка калибровки не проводится, следует провести опробование виброметра:

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

4. Установить вибропреобразователь на вибрирующую поверхность.

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

| | | |
|---|---|---|
|  | 003ОП/<br>004ОП | Платформа напольная для измерений вибрации на полу [2] (применяется для измерений общей вибрации). Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки |
|  | 002ОТ | Платформа-диск для измерений вибрации 3-компонентным датчиком на жестком и плоском сиденье. Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки |
|  | 001ОТ | Кубик для установки однокомпонентного датчика с различной ориентацией на платформу 002ОТ (см. выше) |
|  | 003РД | Полужесткий диск для установки 3-компонентного датчика АР2082М (003РД) или АР2038Р. Применяется для измерений вибрации на любых сиденьях |
|  | 002КР | Адаптер кисти руки (одно положение установки 3-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента |
|  | 022КР | Адаптер рукоятки для измерений. Зажимается между ладонью и рукояткой вибрирующего инструмента |
|  | 022КБ/<br>004АР5022 | 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 |
|  | AW-01-1 | Восковая мастика для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц |
|  | ММ-01-ОКТ | Площадка для клеевого крепления датчика. Датчик крепится к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348 |

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

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

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

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

Ориентировать трёхкомпонентный акселерометр необходимо согласно маркировке на корпусе датчика виброускорения.

5. После включения виброметра выждать не менее 40-60 секунд, прежде чем начинать измерения.
6. Измерение запускается клавишей **СТАРТ**. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя (при наличии).
7. Показания текущих среднеквадратичных уровней ускорения считываются на индикаторе виброметра рядом с метками **СКЗ-1с**, **СКЗ-5 с**, **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 берутся из паспортов конкретных средств измерений.

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

11. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

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

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

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

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

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$, мВ/мс$^{-2}$ | Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. 1 мкм/с$^2$ *) | Погрешность измерения, не более дБ |
|---|---|---|---|---|---|
| ОКТАВА-110А<br><br>ОКТАВА-110А-ЭКО<br><br>ЭКОФИЗИКА-110А | Общая / Локальная вибрация-1<br><br>Анализ-1-LF,MF,EF<br><br>Анализ-4-LF,MF,EF (канал MIC)<br><br>Общая / Локальная вибрация ЭФБ-110А<br><br>1/3-октавный анализатор MIC<br><br>Общая / Локальная вибрация ЭФБ-HF (канал A)<br><br>1/3-октавный анализатор MXYZ (канал MIC) | - ИИБ (измерительно-индикаторный блок)<br>- Адаптер 110А-IEPE | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | • ***Синусоидальный сигнал***<br>± 0,3 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений);<br>±1,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).<br>• ***Широкополосная безударная вибрация:***<br>± 1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений);<br>± 1,2 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений)<br>• ***Ударная вибрация***: ±1,0 дБ |
| | | - ВП АР2037-100 (АР2098, АР98, АР2082М-100, АР2038-100) | 10 | 52 – 174 (1 Гц),<br>54 – 174 (2 Гц),<br>56 – 174 (16 Гц),<br>56 – 174 (1 кГц) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2038Р-10, АР2037-10 | 1 | 72 – 194 (1 Гц),<br>74 – 194 (2 Гц),<br>76 – 194 (16 Гц),<br>76 – 194 (1 кГц) | |
| | | - Вибропреобразователь ДН-4-Э | 1,1 | 65 – 192 (1 Гц),<br>61 – 192 (2 Гц),<br>53 – 192 (16 Гц),<br>55 – 192 (1 кГц) | |
| | | - ВП АР2031-3 | 0,3 | 86-204 | |
| | | - Вибропреобразователь АР2099-100 | 10 | 44– 174 (1 Гц),<br>42 – 174 (2 Гц),<br>36 – 174 (16 Гц),<br>37– 174 (1 кГц) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2006-500 | 50 | 30 – 161 (1 Гц),<br>30 – 161 (2 Гц),<br>30 – 161 (16 Гц),<br>30 – 161 (1 кГц) | |

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$, мВ/мс$^{-2}$ | Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. 1 мкм/с$^2$ *) | Погрешность измерения, не более дБ |
|---|---|---|---|---|---|
| ОКТАВА-101ВМ<br>ОКТАВА-110В<br>ЭКОФИЗИКА<br>ЭКОФИЗИКА-110А<br>ЭКОФИЗИКА-110В<br>ЭКОФИЗИКА-111В | Общая / Локальная вибрация-3 Анализ-4 (3)-LF,MF, EF (каналы X, Y, Z или K1, K2, K3)<br>Общая / Локальная вибрация ЭФБ-HF (каналы X, Y, Z)<br>1/3-октавный анализатор MXYZ (каналы X, Y, Z)<br>Общая / Локальная вибрация ЭФБ-110В 1/3-октавный анализатор XYZ | - ИИБ (измерительно-индикаторный блок) | | Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов) | • ***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).<br>• ***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)<br>***Ударная вибрация***: ±1,0 дБ |
| | | ВП АР2037-100 (АР2098, АР98, АР2082М-100, АР2038-100) | 10 | 60 – 164 | |
| | | - ВП АР2038Р-10, АР203710 | 1 | 80 – 184 | |
| | | - ВП АР2031-3 | 0,3 | 90 – 194 | |
| | | - Вибропреобразователь ДН-4-Э | 1,1 | 65 – 182 (1 Гц), 61 – 182 (2 Гц), 53 – 182 (16 Гц), 55 – 182 (1 кГц) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2099-100 | 10 | 42 – 164 (1 Гц), 42 – 164 (2 Гц), 41 – 164 (16 Гц), 50 – 164 (1 кГц) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2006-500 | 50 | 30 – 151 (1 Гц), 30 – 151 (2 Гц), 30– 151 (16 Гц), 30 – 151 (1 кГц) | |

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

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

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

## *5. Методика однократного прямого измерения уровня звукового давления в октавных (третьоктавных) полосах частот в диапазоне 31,5 – 16000 Гц (25 – 20000 Гц)*

Средства измерения указаны в Таблице УЗ-2.

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

При оперативных измерениях микрофонный предусилитель допустимо подключать непосредственно к входному разъему индикаторного блока **ИИБ ОКТАВА-110А, ОКТАВА101АМ, 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 **TRP001R** и подсоединяется к индикаторному блоку с помощью удлинительного кабеля.

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

**Таблица УЗД-W-1/1**

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

**Таблица УЗД-W-1/3**

| **1/3-октавная полоса частот** | 50 Гц | 63 Гц | 80 Гц | 100 Гц | 125 Гц | 250 Гц | 315 Гц | 400 Гц |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Дополнительная погрешность измерения УЗД** | ±0,2 дБ | ±0,2 дБ | ±0,2 дБ | ±0,2 дБ | ±0,2 дБ | ±0,2 дБ | ±0,2 дБ | ±0,2 дБ |
| **1/3-октавная полоса частот** | 500 Гц | 630 Гц | 800 Гц | 1000 Гц | 1250 Гц | 1600 Гц | 2000 Гц | 2500 Гц |
| **Дополнительная погрешность измерения УЗД** | ±0,2 дБ | ±0,6 дБ | ±0,6 дБ | ±0,5 дБ | ±0,5 дБ | ±0,5 дБ | ±0,5 дБ | ±0,9 дБ |
| **1/3-октавная полоса частот** | 3150 Гц | 4000 Гц | 5000 Гц | 6300 Гц | 8000 Гц | 10000 Гц | | |
| **Дополнительная погрешность измерения УЗД** | ±0,5 дБ | ±0,2 дБ | ±0,6 дБ | ±0,9 дБ | ±0,9 дБ | ±0,9 дБ | | |

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

3. Перед проведением измерений следует проверить калибровку измерительного тракта с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации. При подаче калибровочного сигнала показания фильтра, соответствующего частоте калибровки, должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах ±0,3 дБ. Если проверка калибровки не проводится, при оценке погрешности измерений необходимо учитывать дополнительные погрешности, связанные с влиянием внешних факторов (температуры, влажности, атмосферного давления, электромагнитных полей), которые приводятся в руководстве по эксплуатации шумомера.

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

***Акустический калибратор ЗАЩИТА-К не рекомендован к применению с приборами, указанными выше***

4. Приборы серий **ОКТАВА** и **ЭКОФИЗИКА** в комплекте с микрофонными капсюлями **ВМК-205**, **МК-265**, **МК233, М-201** и их аналогами измеряют уровень звука и звукового давления, которые были бы в измерительной точке свободного звукового поля в отсутствии микрофона. Ось чувствительности микрофона перпендикулярна мембране микрофонного капсюля и направлена по оси предусилителя. При измерениях в свободном поле ось чувствительности 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:

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

Здесь $L_{инд}(f)$ - значение УЗД, снятое с индикатора прибора (см. пп.8-10), $\Delta L_{микр}(f)$ - дифракционная поправка микрофонного капсюля по свободному полю для частоты **f**, $\Delta L_{доп}(f)$ - поправка на дополнительные приспособления

(ветрозащита, кабель и т.п.). Поправки на микрофон и дополнительные принадлежности берутся из паспортов конкретных средств измерений.

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

12. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

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

где $\Delta_1$ – погрешность измерения звука в соответствии с Таблицей УЗ-2, $\Delta_k$ – $k$-я дополнительная погрешность в децибелах.

13. Поправка на собственные шумы. При измерении низких уровней звука целесообразно сопоставить показания прибора с уровнями собственных шумов в руководстве по эксплуатации или паспорте. 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:

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

Значения этой поправки для некоторых значений ε:

| **Разность измеренного уровня и уровня собственных шумов, Δ, дБ** | 3,0-3,5 | 3,6-4,0 | 4,1-4,5 | 4,6-5.0 | 5,1-6,0 | 6,1-7,0 | 7,1-8,0 | 8,1-9,0 | 9,0-10,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Поправка, вычитаемая из измеренного значения, ε, дБ** | 2,8 | 2,4 | 2,0 | 1,8 | 1,4 | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 0,5 |

Диапазоны и погрешности измерения уровней звука приведены в Таблице УЗ-2.

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

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

| **Модель** | **Режим измерения** | **Комплектация** | **Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$, мВ/Па** | **Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ** *) | **Погрешность измерения, не более дБ** |
|---|---|---|---|---|---|
| ОКТАВА-110А-ЭКО<br><br>ОКТАВА-110А | ЭкоЗвук-110А<br><br>Звук+ | - ИИБ ОКТАВА-110А-ЭКО / 110А<br>- Предусилитель Р200,<br>- Кабель EXC00XR (опция) | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | • ***Для непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся):*** **Lmin+5дБ≤Lp≤Lmax-5дБ**: ±0,7 дБ, где **Lmax** – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, **Lmin** – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.<br>• ***В полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД:*** ±1,0 дБ |
| | | - Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201) | 50 | 13 – 139 (в октавах)<br>11 – 139 (в 1/3-октавах) | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233 | 14 | 24 – 150 (в октавах)<br>22 – 150 (в 1/3-октавах) | |
| ОКТАВА-101АМ | Звук | - ИИБ ОКТАВА-101АМ<br>- Предусилитель КММ400<br>- Кабель EXC00XR (опция) | | Диапазон измерения делится на четыре поддиапазона | |
| | | - Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201) | 50 | 14 – 145 дБ (в октавах)<br>12 – 145 (в 1/3-октавах) | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233 | 14 | 25 – 156 (в октавах)<br>23 – 156 (в 1/3-октавах) | |
| ЭКОФИЗИКА-110А<br><br>ЭКОФИЗИКА | ЭкоЗвук<br>Ультразвук-40к<br>Анализ-1-HF<br>Анализ-4-HF<br>(канал MIC)<br><br>ЭкоЗвук-ЭФБ-110А<br>Ультразвук 40кГц<br>1/3-октавный анализатор MIC | - ИБ ЭКОФИЗИКА-D с - ИМ 110А или HF<br>- Предусилитель Р200<br>- Кабель EXC00XR (опция) | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | |
| | | - Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201) | 50 | 13 – 139 (в октавах)<br>11 – 139 (в 1/3-октавах) | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233, ВМК-206 | 14 | 24 – 150 (в октавах)<br>22 – 150 (в 1/3-октавах) | |
| | | - Микрофон МК301, МК401 | 5 | 33 – 159 (в октавах)<br>31 – 159 (в 1/3-октавах) | |
| | | -Микрофон МК/ВМК-401 | 1,5 | 42 – 168 (в октавах)<br>40 – 168 (в 1/3-октавах) | |
| ОКТАВА-111 | | - Микрофон ВМК-205, МК-265 | 50 | 12 – 140 (в октавах)<br>8 - 140 (в 1/3-октавах) | ± 0,7 дБ (при уровне сигнала не менее в -40 дБ от верхнего предела измерений);<br>± 0,9 дБ (при уровне сигнала ниже -40 дБ от верхнего предела, но выше +10 дБ от нижнего);<br>± 1,0 дБ (при уровне сигнала ниже +10 дБ от нижнего предела) |
| | | - Микрофон МК-233,<br>М-201 | 14 | 23 – 151 (в октавах)<br>19 – 151 (в 1/3-октавах) | |

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$, мВ/Па | Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ *) | Погрешность измерения, не более дБ |
|---|---|---|---|---|---|
| ЭКОФИЗИКА-110А | 1/3-октавный анализатор MXYZ | - ИИБ ЭКОФИЗИКА (HF-Белая)<br>- Предусилитель Р200<br>- Предусилитель Р410 (входы X, Y, Z)<br>- ОКТАФОН/ОКТАФОН-М с ЭКВ-110-3 | | ** Диапазон измерения делится на три поддиапазона<br>*** Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов) | • ***Для непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся):*** **Lmin+5дБ≤Lp≤Lmax-5дБ**: ±0,7 дБ, где **Lmax** – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, **Lmin** – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.<br>• ***В полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД:*** ±1,0 дБ |
| | | - Микрофон ВМК-205/206 (МК-265, МК-221 )<br>- MP201 | 50 | 11 – 139 ** (вход MIC)<br>25 – 125 *** (входы X,Y,Z) | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233 | 14 | 22 – 150 ** (вход MIC)<br>36 – 136 *** (входы X,Y,Z) | |
| | | - Микрофон МК301, МК401, 4135 | 5 | 31 – 159 ** (вход MIC)<br>47 – 147 *** (входы X,Y,Z) | |
| | | -Микрофон МК/ВМК-401, 4136 | 1,5 | 40 – 168 ** (вход MIC)<br>56 – 156 *** (входы X,Y,Z) | |
| ЭКОФИЗИКА-110В (Белая)<br>ЭКОФИЗИКА-111В | 1/3-октавный анализатор XYZ | - ИИБ ЭКОФИЗИКА-110В (Белая)<br>- Предусилитель Р200 (через ОКТАФОН)<br>- Предусилитель Р410 (входы 1, 2, 3) – только с MP201<br>- ОКТАФОН/ОКТАФОН-М с ЭКВ-110-3 | | Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов) | |
| | | - Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221)<br>- MP201 | 50 | 25 – 125 | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233, ВМК-206 | 14 | 36 – 136 | |
| | | - Микрофон МК301, МК401 | 5 | 47 – 147 | |
| | | - Микрофон МК/ВМК-401, 4136 | 1,5 | 56 – 156 | |

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

Нижние пределы измерений для отдельных частотных полос могут быть меньше указанных в таблице; значение нижних пределов могут быть оценены как уровень собственных шумов в соответствующей полосе для диапазона шкалы Д3 плюс 7 дБ.

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

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

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

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

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

   При скорости ветра выше 1 м/с измерения инфразвука сильно искажаются и измерения недопустимы.

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

3. До и после измерений следует проверять чувствительность измерительного тракта с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации. При подаче калибровочного сигнала показания фильтра, соответствующего частоте калибровки, должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах ±0,3 дБ. Если проверка чувствительности измерительного тракта не проводится, при оценке погрешности измерений необходимо учитывать дополнительные погрешности, связанные с влиянием внешних факторов (температуры, влажности, атмосферного давления, электромагнитных полей), которые приводятся в руководстве по эксплуатации шумомера.

4. Приборы серий **ОКТАВА** и **ЭКОФИЗИКА** в комплекте с микрофонными капсюлями **ВМК-205**, **МК-265**, **МК-233, М-201** и их аналогами измеряют звуковое давление, которое было бы в измерительной точке свободного звукового поля в отсутствии микрофона. Ось чувствительности микрофона перпендикулярна мембране микрофонного капсюля и направлена по оси предусилителя. При измерениях в свободном поле ось чувствительности микрофона должна быть направлена на источник звука.

5. При измерении шума в ручном режиме оператор должен находиться на расстоянии не менее чем 50 см от микрофона так, чтобы отражения от его тела не сказывались на результатах.

6. После включения индикаторного блока и напряжения поляризации необходимо выждать не менее 60 секунд, прежде чем начинать измерения.

7. Измерение запускается клавишей **СТАРТ**. Для исключения влияния переходных процессов в низкочастотных фильтрах через 40-50 секунд после старта следует нажать клавишу **СБРОС**, не останавливая измерения. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя (при наличии).

8. Текущие показания уровней звукового давления с временными коррекциями **F**, **S** считываются на индикаторе ИБ рядом с метками **Fast**, **Slow**. Для измерений уровней звукового давления в инфразвуковой области частот использование временной характеристики **F** не рекомендуется.

9. Максимальные уровни звукового давления с временными коррекциями **F**, **S** считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Max**.

10. Средний по времени (эквивалентный) уровень звукового давления считывается на индикаторе ИБ рядом с меткой **Leq**. Продолжительность усреднения уровней звукового давления в октавных полосах частот 2-4 Гц должна быть не менее 3 минут, а в октавных полосах частот 8-16 Гц – не менее 1 минуты. Продолжительность усреднения уровней звукового давления в полосе фильтра **FI** – не менее 3 мин.

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

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

Здесь $L_{инд}(f)$ - значение УЗД, снятое с индикатора прибора (см. пп.8-10), $\Delta L_{микр}(f)$ - микрофонная поправка для частоты $f$, $\Delta L_{доп}(f)$ - поправка на дополнительные приспособления (ветрозащита, кабель и т.п.). Поправки на микрофон и дополнительные принадлежности берутся из паспортов конкретных средств измерений.

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

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

12. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

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

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

13. Диапазоны и погрешности измерения уровней звука приведены в Таблице УЗ-3.

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

| **Модель** | **Режим измерения** | **Комплектация** | **Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$, мВ/Па** | **Диапазон измерения при номинальной чувствительности. дБ** *) | **Погрешность измерения, не более дБ** |
|---|---|---|---|---|---|
| ОКТАВА-110А-ЭКО<br><br>ОКТАВА-110А | ЭкоЗвук-110А<br><br>Инфразвук+ | - ИИБ ОКТАВА-110А-ЭКО или ОКТАВА-110А<br>- Предусилитель Р200<br>- Кабель EXC00XR (опция) | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | • ***Для непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся):*** **Lmin+5дБ≤Lp≤Lmax -5дБ**: ±0,7 дБ, где **Lmax** – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, **Lmin** – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.<br>• ***В полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД:*** ±1,0 дБ |
| | | - Микрофон ВМК-205 (МК-265) | 50 | 25 – 139 (FI)<br>13 – 139 (в октавах)<br>11 – 139 (в 1/3-октавах) | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233 | 14 | 35 – 150 (FI)<br>24 – 150 (в октавах)<br>22 – 150 (в 1/3-октавах) | |
| ОКТАВА-101АМ | Инфразвук | - ИИБ ОКТАВА-101АМ<br>- Предусилитель КММ400<br>- Кабель EXC00XR (опция) | | Диапазон измерения делится на четыре поддиапазона | |
| | | - Микрофон ВМК-205 (МК-265) | 50 | 30 – 145 (FI)<br>20 – 145 (в октавах)<br>20 – 145 (в 1/3-октавах) | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233 | 14 | 36 – 156 (FI)<br>26 – 156 (в октавах)<br>26 – 156 (в 1/3-октавах) | |
| ЭКОФИЗИКА-110А | ЭкоЗвук Анализ-1-LF<br><br>ЭкоЗвук-ЭФБ-110А 1/3-октавный анализатор MIC****) | - ИИБ ЭКОФИЗИКА-110А<br>- ИИБ ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)<br>- Предусилитель Р200<br>- Кабель EXC00XR (опция) | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | |
| | | - Микрофон ВМК-205 (МК-265), | 50 | 25 – 139 (FI)<br>13 – 139 (в октавах)<br>11 – 139 (в 1/3-октавах) | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233 | 14 | 35 – 150 (FI)<br>24 – 150 (в октавах)<br>22 – 150 (в 1/3-октавах) | |

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$, мВ/Па | Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ *) | Погрешность измерения, не более дБ |
|---|---|---|---|---|---|
| ЭКОФИЗИКА-110А | Анализ-4-LF<br>1/3-октавный анализатор MXYZ ****) | - ИИБ ЭКОФИЗИКА-110А-HF, -HF-Белая<br>- Предусилитель Р200 (вход MIC, ОКТАФОН-М)<br>- Микрофонный блок питания ОКТАФОН/ОКТАФОН-М с адаптером прямого входа ЭКВ-110 | | ** Диапазон измерения делится на три поддиапазона<br>*** Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов) | • ***Для непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся):*** **Lmin+5дБ≤Lp≤Lmax-5дБ**: ±0,7 дБ, где **Lmax** – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, **Lmin** – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.<br>• ***В полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД:*** ±1,0 дБ |
| | | - Микрофон ВМК-205 (МК-265) | 50 | В 1/3-октавах:<br>11 – 139** (вход MIC)<br>25 – 125*** (входы X,Y,Z) | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233 | 14 | В 1/3-октавах:<br>22 – 150** (вход MIC)<br>36 – 136*** (входы X,Y,Z) | |
| ЭКОФИЗИКА-110В<br>ЭКОФИЗИКА-110В (Белая)<br>ЭКОФИЗИКА-111В | Анализ-3-EF<br>Анализ-3-LF<br>1/3-октавный анализатор XYZ ****) | - ИИБ ЭКОФИЗИКА-110В, -110В-Белая<br>- Предусилитель Р200 (через ОКТАФОН-М)<br>- Микрофонный блок питания ОКТАФОН/ОКТАФОН-М с адаптером прямого входа ЭКВ-110 | | Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов) | |
| | | - Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221) | 50 | В 1/3-октавах:<br>25 – 125 | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233 – с Р200 | 14 | В 1/3-октавах:<br>36 – 136 | |

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

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

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

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

## *7. Методика однократного прямого измерения уровня звукового давления третьоктавных полосах частот в диапазоне 12500 – 100000 Гц*

Средства измерения указаны в Таблице УЗ-4.

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

***Внимание.*** **При использовании микрофонов МК-301, МК-401, ВМК-401, 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 ±0,3 дБ. Если проверка чувствительности измерительного тракта не проводится, при оценке погрешности измерений необходимо учитывать дополнительные погрешности, связанные с влиянием внешних факторов (температуры, влажности, атмосферного давления, электромагнитных полей), которые приводятся в руководстве по эксплуатации шумомера.

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

4. Ось чувствительности микрофона перпендикулярна мембране микрофонного капсюля и направлена по оси предусилителя. При измерениях ось чувствительности микрофона должна быть направлена на источник ультразвука.

5. При измерении ультразвука в ручном режиме оператор должен находиться на расстоянии не менее чем 50 см от микрофона так, чтобы отражения от его тела не сказывались на результатах.

6. После включения индикаторного блока и напряжения поляризации необходимо выждать не менее 60 секунд, прежде чем начинать измерения.

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

8. Текущие показания уровней звукового давления с временными коррекциями **F**, **S** считываются на индикаторе ИИБ рядом с метками **Fast**, **Slow**.
9. Максимальные уровни звукового давления с временными коррекциями **F**, **S** считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Max**.
10. Средний по времени (эквивалентный) уровень звукового давления считывается на индикаторе ИИБ рядом с меткой **Leq**. В последней строке индикаторного экрана считывают продолжительность измерения (усреднения по времени) эквивалентного уровня.
11. Величина УЗД $L_{изм}(f)$ в полосе частот с центральной частотой $f$ рассчитывается по формуле:

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

Здесь $L_{инд}(f)$ - значение УЗД, снятое с индикатора прибора (см. пп.8-10), $\Delta L_{микр}(f)$ - микрофонная поправка для частоты $f$, $\Delta L_{доп}(f)$ - поправка на дополнительные приспособления (ветрозащита, кабель и т.п.). Поправки на микрофон и дополнительные принадлежности берутся из паспортов конкретных средств измерений.

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

12. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

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

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

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

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

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$, мВ/Па | Максимальная 1/3-октавная полоса частот | Диапазон измерения УЗД при номин. чувств-ти, дБ | Погрешность измерения, не более, дБ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ОКТАВА-110А-ЭКО<br>ОКТАВА-110А<br>ЭКОФИЗИКА-110А<br>ЭКОФИЗИКА-110А (Белая) | ЭкоЗвук-110А<br>Звук+<br>ЭкоЗвук<br>ЭкоЗвук-ЭФБ-110А | - ИИБ ОКТАВА-110А-ЭКО, ОКТАВА-110Аили ИБ ЭКОФИЗИКА-D,<br>- ИМ 110А или HF<br>- Предусилитель Р200<br>- Кабель EXC00XR | | 20 кГц | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | • ***Для непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся):*** **Lmax-Lmin+5дБ≤Lp≤Lmax-5дБ**: ±0,7 дБ, где **Lmax** – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, **Lmin** – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.<br>• ***В полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД:*** ±1,0 дБ |
| | | - Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221) | 50 | | 11 – 139 | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233 | 14 | | 22 – 150 | |
| ЭКОФИЗИКА-110А ЭКОФИЗИКА<br>ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)<br>ОКТАВА-110А | Анализ-X-HF Ультразвук-40к Ультразвук 40кГц Ультразвук+ 1/3-октавный анализатор MIC 1/3-октавный анализатор MXYZ | - ИБ ЭКОФИЗИКА-D или ЭКОФИЗИКА-D (Белая)<br>- ИМ 110А или HF<br>- Предусилитель Р200<br>- Кабель EXC00XR (опция) | | 40 кГц | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | |
| | | - Микрофон М-201, МК-233 | 14 | | 22 – 150 | |
| | | - Микрофон МК301, 4135 | 5 | | 31 – 159 | |
| | | - Микрофон ВМК-401, 4136 | 1,5 | | 40 – 170 | |
| ЭКОФИЗИКА-110А<br>ЭКОФИЗИКА-110А (Белая) | Ультразвук-100k<br>Ультразвук 100кГц | - ИИБ ЭКОФИЗИКА-110А (HF)<br>-Предусилитель Р200 (вход MIC/HF) | | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | |
| | | - Микрофон МК401 | 5 | 63 кГц | | |
| | | - Микрофон МК301, 4135 | | 100 кГц | 47 – 159 | |
| | | - Микрофон ВМК-401, 4136 | 1,5 | 100 кГц | 56 – 170 | |

*) Если калибровочная поправка с учетом частотной характеристики микрофона отличается от 0,0 дБ, диапазоны измерения смещаются на величину **+K**, где **K** – 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 появляется электрический заряд (явление «пьезоэлектричество»). Величина заряда пропорциональна силе, а, следовательно, и ускорению.

Датчик AV-01 имеет встроенный электронный усилитель-интегратор, который обеспечивает преобразование сигнала с пьезоэлектрического элемента в низкоомный сигнал напряжения, пропорциональный виброскорости.



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

2. Подсоединить вибропреобразователь к индикаторному блоку в соответствии со схемами подключения в руководстве по эксплуатации (датчик AV-01 может напрямую подсоединяться к IEPE 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: ±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. 5x10$^{-8}$ м/с)

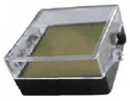
Если проверка калибровки не проводится, следует провести опробование виброметра:

- 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.

4. Установить вибропреобразователь на вибрирующую поверхность.

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

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

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

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

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 виброскорости считываются на индикаторе виброметра рядом с метками **СКЗ-1с**, **СКЗ-5 с**, **СКЗ-10с**.
8. Максимальные текущие среднеквадратичные уровни ускорения считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Max**.
9. 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.
10. Величина уровня виброскорости $L_{изм}(f)$ в 1/3-октавной полосе частот с центральной частотой $f$ корректируется по формуле:

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

Здесь $L_{инд}(f)$ - значение уровня виброскорости, снятое с индикатора прибора (см. пп.7-9), $\Delta L_{ВП}(f)$ - поправка, характеризующее неравномерность АЧХ вибропреобразователя для частоты $f$. Поправки на вибропреобразователь берутся из паспортов 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.

11. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

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

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

12. 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/м/с, дБ отн. 5 х $10^{-8}$ м/с**[*)] | **Погрешность измерения, не более дБ** |
|---|---|---|---|
| ЭКОФИЗИКА-111В с датчиком AV-01 | Общая вибрация ЭФБ-110В | Fk (2,0 – 100 Гц): 75 - 139 | • ± 1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений)<br>• ± 2,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений) |
| | Локальная вибрация ЭФБ-110В | Fh (6,3 – 1250 Гц): 64 - 139 | • ± 1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений);<br>• ± 2,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений) |
| | Локальная вибрация ЭФБ-110В, 1/3-октавный анализатор XYZ | 58 – 139 (6,3 Гц),<br>56 – 139 (8 Гц),<br>54 – 139 (10 Гц),<br>52 – 139 (16 кГц)<br>50 – 139 (25 Гц),<br>48 – 139 (31,5 Гц),<br>47 – 139 (50 Гц),<br>45 – 139 (63 кГц)<br>42 – 139 (125 Гц),<br>40 – 139 (250 Гц),<br>38 – 139 (630 Гц), 38 – 139 (1250 Гц и выше до 2 кГц) | • Безударная вибрация:<br>• ± 0,5 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений и при наличии поправки АЧХ);<br>• ± 1,5 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений и (или при неизвестной поправке на АЧХ вибропреобразователя)<br>• ***Ударная вибрация***: ±2,0 дБ |

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

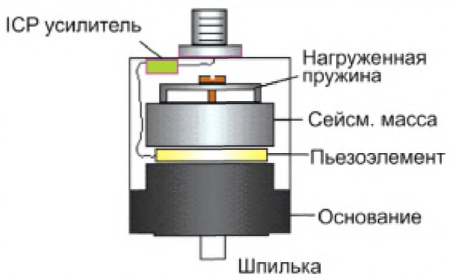
Для несинусоидальных сигналов с **пик-фактором k** верхние пределы линейных диапазонов изменяются на величину

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

## *9. Методика однократного прямого измерения уровней виброскорости в октавных и третьоктавных полосах частот с использованием акселерометров*

Средства измерения указаны в Таблице В-4.

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

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

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

### Таблица В-4-ВП. 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 |
| AP2099-100 | 0,5 | 3000 | >15 000 |
| AP2006-500 | 0,1 | 1400 | >7000 |
| AP2082M-100 | 0,5 | 6000 | >30 000 |
| AP2038P-10, AP2038P-100 | 0,5 | 7000 | >35 000 |

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

2. Подсоединить вибропреобразователь к индикаторному блоку в соответствии со схемами подключения в руководстве по эксплуатации.
3. Перед проведением измерений рекомендуется проверить чувствительность измерительного тракта виброметра с помощью портативного виброкалибратора или устройства воспроизведения опорного сигнала в соответствии с руководством по эксплуатации.

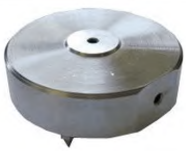
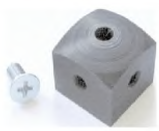
При подаче калибровочного сигнала показания виброметра для уровня виброускорения в соответствующей 1/n-октавной полосе частот должны совпадать с калибровочным уровнем виброускорения в пределах: ±0,4 дБ. Если проверка калибровки проводится в режиме индикации виброскорости, то показания виброметра следует 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. 5x10$^{-8}$ м/с)

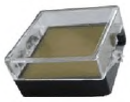
Если проверка калибровки не проводится, следует провести опробование виброметра:

- 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.

4. Установить вибропреобразователь на вибрирующую поверхность.

**Рекомендуемые способы установки**

| | | |
|---|---|---|
|  | 003ОП/ 004ОП | Платформа напольная для измерений вибрации на полу[4] (применяется для измерений общей вибрации). Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки |
|  | 002ОТ | Платформа-диск для измерений вибрации 3-компонентным датчиком на жестком и плоском сиденье. Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки |
|  | 001ОТ | Кубик для установки однокомпонентного датчика с различной ориентацией на платформу 002ОТ (см. выше) |
|  | 003РД/ 004РД | Полужесткий диск для установки 3-компонентного датчика АР2082М (003РД) или АР2038Р (004РД). Применяется для измерений вибрации на любых сиденьях |
|  | АМ-01-ОКТ | Магнит для крепления датчика к металлическим магнитным поверхностям. Датчик крепится к магниту с помощью шпильки |
|  | ММ-01-ОКТ | Площадка для клеевого крепления датчика. Датчик крепится к площадке с помощью шпильки. Клеевое крепление реализуется в соответствии с рекомендациями ГОСТ ИСО 5348 |

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

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

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

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

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

5. После включения виброметра в режим «1/3-октавный анализатор…» 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 виброскорости в дБ считываются на индикаторе виброметра рядом с меткой **L дБ** при индикации **1 сек, 5 сек, 10 сек.**
8. 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.
9. 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.
10. 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.7,8), $\Delta L_{ВП}(f)$ - поправка, характеризующее неравномерность АЧХ акселерометра для частоты $f$. Поправки на вибропреобразователь берутся из паспортов конкретных средств измерений.

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

11. Для учета дополнительных погрешностей следует пользоваться формулой:

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

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

12. Диапазоны и погрешности измерения корректированных ускорений приведены в Таблице В-4.

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

| Модель | Режим измерения | Комплектация | Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$, мВ/мс$^{-2}$ | Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. 5х10$^{-8}$ м/с *) | Погрешность измерения, не более дБ |
|---|---|---|---|---|---|
| ЭКОФИЗИКА-110А | 1/3-октавный анализатор MIC<br>1/3-октавный анализатор MXYZ (канал MIC) | - ИИБ (измерительно-индикаторный блок)<br>- Адаптер 110А-IEPE | | Диапазон измерения делится на три поддиапазона | • ***Синусоидальный сигнал*** ± 1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ±1,4 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).<br>• ***Широкополосная безударная вибрация:*** ± 1,4 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ± 1,5 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений)<br>• ***Ударная вибрация***: не установлена |
| | | - Вибропреобразователь АР2038-10 | 1 | 82 … 204 (1 Гц), 65 … 184 (10 Гц), 46 … 164 (100 Гц), 26 … 144 (1 кГц) | |
| | | - Вибропреобразователи АР2098, АР98, АР2082М АР2038Р-100 | 10 | 62 … 184 (1 Гц), 45 … 164 (10 Гц), 26 … 144 (100 Гц), 6 … 124 (1 кГц) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2099-100 | 10 | 54 … 184 (1 Гц), 32 … 164 (10 Гц), 7 … 144 (100 Гц), 13 … 124 (1 кГц) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2006-500 | 50 | 37… 171 (1 Гц), 20 … 151 (10 Гц), 0…131 (100 Гц), -20…111 (1 кГц) | |
| ЭКОФИЗИКА-110А<br>ЭКОФИЗИКА-111В<br>ЭКОФИЗИКА-110В | 1/3-октавный анализатор MXYZ (каналы X, Y, Z)<br>1/3-октавный анализатор XYZ | - ИИБ (измерительно-индикаторный блок) | | Диапазон измерения – единый | |
| | | - Вибропреобразователь АР2038-10 | 1 | 90 … 194 (1 Гц), 70 … 174 (10 Гц), 50 … 154 (100 Гц), 30 … 134 (1 кГц) | |
| | | - Вибропреобразователи АР2098, АР98, АР2082М АР2038Р-100, | 10 | 70 … 174 (1 Гц), 50 … 154 (10 Гц), 30 … 134 (100 Гц), 10 … 114 (1 кГц) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2099-100 | 10 | 52 … 174 (1 Гц), 32 … 154 (10 Гц), 20 … 134 (100 Гц), 0 … 114 (1 кГц) | |
| | | - Вибропреобразователь АР2006-500 | 50 | 37 … 161 (1 Гц), 20 … 141 (10 Гц), 0…121 (100 Гц), -20…101 (1 кГц) | |

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

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

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

- ***Дополнение №1. О приборах ОКТАВА-110А (ЭКО), ОКТАВА-110В (ЭКО), ЭКОФИЗИКА***

Настоящая методика измерений применима также для следующих приборов: **ОКТАВА110А (ЭКО)**, **ОКТАВА-110В (ЭКО)**, **ЭКОФИЗИКА**.

При определении режимов, диапазонов и погрешностей измерений вышеуказанными приборами надлежит руководствоваться следующей таблицей соответствия.

| **ПРИБОР** | **НОМЕР РЭ** | **СООТВЕТСТ-ВУЮЩИЙ ПРИБОР В МИ ПКФ-12-006** | **НОМЕР РЭ** |
|---|---|---|---|
| ЭКОФИЗИКА | ПКДУ.411000.001 РЭ | Экофизика-110А, исполнение HF | ПКДУ.411000.001.02 РЭ |
| ОКТАВА-110А (комплектация ЭКО) | ПКДУ.411000.002.01 РЭ | Экофизика-110А, исполнение 110А | ПКДУ.411000.001.02 РЭ |
| ОКТАВА-110В (комплектация ЭКО) | ПКДУ.411000.003.01 РЭ | Экофизика-110В | ПКДУ.411000.001.03 РЭ |

gost.e-ecolog.ru