



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

---

**Однократные прямые измерения уровней звука,  
звукового давления и ускорения приборами серий  
ОКТАВА и ЭКОФИЗИКА**

**МИ ПКФ 12-006  
МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ  
ПРИЛОЖЕНИЕ К РУКОВОДСТВАМ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

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

7-е издание

Москва  
2015 г.

**Сервисный центр приборостроительного объединения**

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

г. Москва, ул. Годовикова, д.9, стр.12, подъезд 12.1, [service@octava.info](mailto:service@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

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

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

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>1. Введение.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Методика выполнения однократного прямого измерения уровня звука.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Методика выполнения однократного прямого измерения корректированного ускорения.....</b>	<b>7</b>
<b>4. Методика выполнения однократного прямого измерения уровней ускорения в октавных и третьоктавных полосах частот .....</b>	<b>12</b>
<b>5. Методика выполнения однократного прямого измерения уровня звукового давления в октавных (третьоктавных) полосах частот в диапазоне 31,5 – 16000 Гц (25 – 20000 Гц).....</b>	<b>17</b>
<b>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 .....</b>	<b>21</b>
<b>7. Методика выполнения однократного прямого измерения уровня звукового давления третьоктавных полосах частот в диапазоне 12500 – 100000 Гц .....</b>	<b>25</b>
<b>Дополнение №1. О приборах ОКТАВА-110А (ЭКО), ОКТАВА-110В (ЭКО), ЭКОФИЗИКА .....</b>	<b>28</b>

## 1. Введение

---

Однократное прямое измерение проводится для определения количественного значения физической 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 замера уровень звука или вибрация в точке измерения 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-минутный замер 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 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 с аттестованными методами. Назовем их методами измерения шумовых и вибрационных характеристик. Они формулируются в соответствующих стандартах и аттестованных методиках измерений не являются предметом нашего рассмотрения.

## 2. Методика выполнения 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, ИМ 110А** для прибора **ЭКОФИЗИКА-110А**). При измерениях уровней звука с **ИМ НФ** для прибора **Экофизика-110А** 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 **TRP001** 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  $3\div 4$  м/с, результаты измерения будут искажены. **Дополнительная погрешность измерения уровня звука при использовании ветрозащиты не превышает  $\pm 0,2$  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 шумомера с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации. При подаче калибровочного сигнала показания шумомера должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах  $\pm 0,3$  дБ. 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.

4. Приборы серий **ОКТАВА** и **ЭКОФИЗИКА** в комплекте с микрофонными капсулями **ВМК-205**, **МК-265**, **МК-233** 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 капсуля 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 взвешенных по времени уровней звука **FAST (F)**, **SLOW (S)**, **IMPULSE (I)** считываются на индикаторе шумомера рядом с метками **Fast**, **Slow**, **Imp**.
9. Максимальные и минимальные взвешенные по времени уровни звука **FAST (F)**, **SLOW (S)**, **IMPULSE (I)** считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Min/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 звуковой экспозиции.
11. Уровень звуковой экспозиции считывается на индикаторе шумомера рядом с меткой **LE**.
12. Пиковый уровень звука считывается на индикаторе шумомера рядом с меткой **Pk (Peak)**.
13. Диапазоны и погрешности измерения уровней звука приведены в Таблице 1.
14. Для учета дополнительных погрешностей на влияние ветрозащиты и внешних факторов следует пользоваться формулой:

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

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

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

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

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувств-ть, S <sub>ном</sub> , мВ/Па	Диапазон измерения при номинальной чувствительности <sup>*)</sup>	Погрешность измерения, не более дБ
ОКТАВА-110А-ЭКО	ЭкоЗвук-110А	- ИИБ ОКТАВА-110А-ЭКО или ОКТАВА-110А - Предусилитель Р200 - Калибратор АК-1000 - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Синусоидальный сигнал частоты 1000 Гц:</b> ± 0,7 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); ± 1,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <b>Постоянный и колеблющийся шум:</b> ± 0,7 дБ (при уровне сигнала не менее +10 дБ от нижнего предела измерений); ± 0,9 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <b>Импульсный шум:</b> ±0,7 дБ (при длительности импульса до 200 мс, Fast_Max – Slow_Max &lt; 6 дБ); ±1,1 дБ (при длительности импульса от 100 до 5 мс для характеристик Fast и Leq и от 100 до 50 мс для характеристики Slow)</li> </ul>
ОКТАВА-110А	Звук+	- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201)	50	22 – 139 дБА, 27 – 139 дБС, 31 – 139 дБZ	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	33 – 150 дБА, 38 – 150 дБС, 42 – 150 дБZ	
ОКТАВА-101АМ	Звук	- ИИБ ОКТАВА-101АМ - Предусилитель КММ400 - Калибратор АК-1000 - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на четыре поддиапазона	
		- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201)	50	22 – 145 дБА, 27 – 145 дБС, 31 – 145 дБZ	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	33 – 156 дБА, 38 – 156 дБС, 42 – 156 дБZ	
ЭКОФИЗИКА-110А	ЭкоЗвук	- ИБ ЭКОФИЗИКА-D или ИБ ЭКОФИЗИКА-D (Белая) - ИМ 110А или HF - Предусилитель Р200 - Калибратор АК-1000 - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	
ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)	ЭкоЗвук-ЭФБ-110А	- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201)	50	22 – 139 дБА, 27 – 139 дБС, 31 – 139 дБZ	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	33 – 150 дБА, 38 – 150 дБС, 42 – 150 дБZ	

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

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

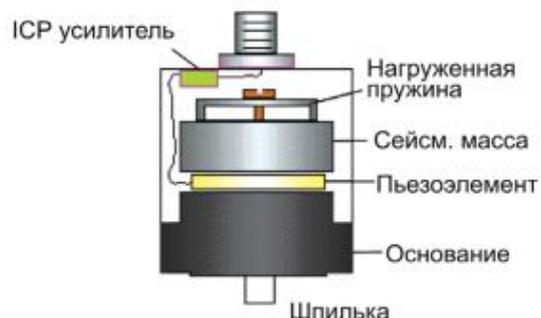
$$\Delta_k = 20 \lg \frac{\sqrt{2}}{k} \text{ (дБ)}$$

### 3. Методика выполнения однократного прямого измерения скорректированного ускорения

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, конечно, затруднительно при оперативных замерах.

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°C).

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**) или **3-компонентными** (**АР2038P**, **АР2082M**).

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.

## 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.)
<b>AP2082M</b> (100 мВ/г), трехкомпонентный	Оптимально Адаптер: <b>003РД</b>	Производственные и коммунальные вибрации (исключая очень слабые) Адаптер: <b>003ОП, 004ОП</b>	Допускается использование Адаптеры: <b>002КР, 022КР, AP5022</b>	Не рекомендуется
<b>AP2038P-10</b> (10 мВ/г), трехкомпонентный	На жестких и плоских поверхностях Адаптер: <b>004РД 002ОТ</b>	Сильные вибрации выше 10 мм/с <sup>2</sup> Адаптер: <b>003ОП, 004ОП</b>	Допускается использование Адаптеры: <b>002КР, 022КР, AP5022</b>	Допускается использование (есть некоторый риск перегрузки) Адаптеры: <b>002КР, 022КР, AP5022</b>
<b>AP98, AP2098 AP2037-100</b> (100 мВ/г), 1-компонентный	Для ориентировочных замеров и исследований.	Производственные и коммунальные вибрации. Может использоваться для измерений	Только для ориентировочных замеров	Не рекомендуется
<b>ДН-4-Э</b>	На жестких и плоских поверхностях Адаптер: <b>001ОТ</b>	вибрации порядка 1 мм/с <sup>2</sup> Адаптер: <b>004ОП</b>	Не рекомендуется	
<b>AP2031, 1-комп. AP2022, 3-комп.</b>	—	—	—	Для установки на тонкие пластины
<b>AP2099</b> (100 мВ/г) 1-компонентный	—	Слабые вибрации строительных и инженерных конструкций. Адаптер <b>004ОП</b>	—	—
<b>AP2006-500</b> (500 мВ/г) 1-компонентный	—	Сверхслабые низкочастотные вибрации	—	—

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

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:  $\pm 0,4$  дБ;
- для уровней локальной вибрации:  $\pm 0,5$  дБ.

При подаче калибровочного сигнала частоты 160 Гц показания виброметра должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах:

- для уровней общей вибрации:  $\pm 0,5$  дБ;
- для уровней локальной вибрации:  $\pm 0,5$  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 <sup>1</sup> (применяется для измерений общей вибрации). Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки
	002ОТ	Платформа-диск для измерений вибрации 3-компонентным датчиком на жестком и плоском сиденье. Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки
	001ОТ	Кубик для установки однокомпонентного датчика с различной ориентацией на платформу 002ОТ (см. выше)
	003РД/ 004РД	Полужесткий диск для установки 3-компонентного датчика АР2082М (003РД) или АР2038Р (004РД). Применяется для измерений вибрации на любых сиденьях
	001КР	Адаптер кисти руки (три положения установки 1-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента.
	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

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

	004AP5022	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
		Для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц

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

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

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

Ориентировать трёхкомпонентный акселерометр необходимо согласно маркировке на корпусе датчика виброускорения.

5. После включения виброметра выждать не менее 40-60 секунд, прежде чем начинать измерения.
6. Измерение запускается клавишей **СТАРТ**. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя (при наличии).
7. Показания текущих среднеквадратичных уровней скорректированного ускорения считываются на индикаторе виброметра рядом с метками **СКЗ-1с**, **СКЗ-5с**, **СКЗ-10с**.
8. Максимальные и минимальные текущие среднеквадратичные уровни скорректированного ускорения считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Min/Max**.
9. Показания **MTVV** считываются на индикаторе виброметра рядом с метками **СКЗ-1с**, **MAX** и **MTVV** (в зависимости от модели)
10. Эквивалентный уровень скорректированного ускорения считывается на индикаторе виброметра рядом с меткой **Leq**. В последней строке индикаторного экрана считывают продолжительность измерения (усреднения по времени) эквивалентного уровня.
11. Доза вибрации считывается на индикаторе виброметра рядом с меткой **VDV**.
12. Пиковый уровень скорректированного ускорения для полного интервала измерений считывается на индикаторе виброметра рядом с меткой **Пик** напротив метки **Leq**.
13. Пиковые уровни скорректированного ускорения за последние 1с, 5с и 10с считываются на индикаторе виброметра рядом с меткой **Пик** напротив меток «**1 сек**», «**5 сек**» и «**10 сек**» соответственно.
14. Диапазоны и погрешности измерения скорректированных ускорений приведены в Таблице В-1.

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

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувств-ть, $S_{ном}, мВ/мс^{-2}$	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. 1 мкм/с <sup>2</sup> *)	Погрешность измерения, не более дБ
ОКТАВА-110А ОКТАВА-110А-ЭКО ЭКОФИЗИКА-110А  ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)	Общая вибрация-1 Локальная вибрация-1	- ИИБ (измерительно-индикаторный блок) - Адаптер 110А-IEPE		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Синусоидальный сигнал опорной частоты (16 Гц для общей вибрации; 80 Гц – для локальной вибрации):</b> ± 0,3 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ± 0,6 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <b>Безударная вибрация:</b> ± 1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ± 1,2 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений); ± 2,0 дБ (для вибраций с ярко выраженным преобладанием низкочастотных или высокочастотных составляющих: 0,5-1,25 Гц / 63-125 Гц для общей вибрации и 6,3-8 Гц / 1000-1600 Гц для локальной вибрации).</li> <li>• <b>Ударная вибрация:</b> ±1,0 дБ</li> </ul>
		- Вибропреобразователь АР2037-100 (АР2098, АР98 АР2082М, АР2038-100)	10	56 – 174 (Wd), 60 – 174 (Wk), 58 – 174 (Wm), 60 – 174 (Wh)	
	Общая вибрация ЭФБ-110А Локальная вибрация ЭФБ-110А Общая вибрация ЭФБ-НФ (канал А) Локальная вибрация ЭФБ-НФ (канал А)	- Вибропреобразователь ДН-4-Э	1,1	62 – 192 (Wd), 60 – 192 (Wk), 58 – 192 (Wm), 60 – 194 (Wh)	
		- Вибропреобразователь АР2099-100	10	51 – 174 (Wd), 48 – 174 (Wk), 47 – 174 (Wm)	
ОКТАВА-101ВМ ОКТАВА-110В ЭКОФИЗИКА-110А ЭКОФИЗИКА-110В  ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)  ЭКОФИЗИКА-110В (Белая)	Общая вибрация-3 Локальная вибрация-3 (каналы X, Y, Z) (каналы K1, K2, K3)	- ИИБ (измерительно-индикаторный блок)		Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов)	
		- Вибропреобразователь АР2082М (АР2038-100, АР2098, АР98, АР2037-100)	10	56 – 165 (Wd), 60 – 165 (Wk), 58 – 165 (Wm), 66 – 165 (Wh)	
	Общая вибрация ЭФБ-НФ (X, Y, Z) Локальная вибрация ЭФБ-НФ (X, Y, Z)	- Вибропреобразователь АР2038Р-10	1	76 – 185 (Wd), 80 – 185 (Wk), 78 – 185 (Wm), 86 – 185 (Wh)	
		- Вибропреобразователь АР2099-100	10	51 – 164 (Wd), 48 – 164 (Wk), 47 – 164 (Wm)	

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

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

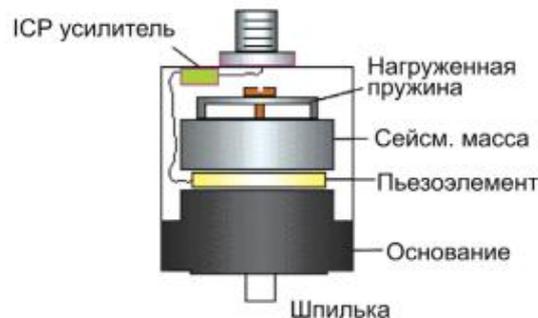
$$\Delta_k = 20 \lg \frac{\sqrt{2}}{k} (\text{дБ})$$

#### 4. Методика выполнения 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, конечно, затруднительно при оперативных замерах.

Датчики, применяемые с приборами серий **ОКТАВА** и **ЭКОФИЗИКА** (**AP2037, AP98, AP2082, AP2038, ДН-4-Э, AP2099, AP2098** и др.), не имеют описанных недостатков. Они относятся к типу **IEPE (ICP)**. Внутри датчика находится электрическая схема усиления, поэтому их ещё называют «датчиками со встроенной электроникой».

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

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

Датчики вибрации, применяемые с прибором, могут быть **1-компонентными** (**ДН-4-Э, AP2098, AP98, AP2037**) или **3-компонентными** (**AP2038P, AP2082M**).

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.

### Полезные замечания по выбору датчика вибрации

Частотные диапазоны измерения ускорения для некоторых наиболее употребительных датчиков:

Модель	Минимальная частота (для неравномерности АЧХ $\pm 1$ дБ), Гц	Максимальная рекомендуемая частота ( $f_{рез}/5$ ), Гц <sup>*)</sup>	Резонансная частота, Гц
AP98, AP98-100, AP2098-100	0,5	8000	>40 000
AP2037, AP2037-100	0,5	9000	>45 000
ДН-4-Э	0,4	5000	>25 000
AP2099	0,5	3000	>15 000
AP2006-500	0,1	1400	>7000
AP2031	0,5	12000	>60 000
AP2082М-100	0,5	6000	>30 000
AP2038P	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 должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах:  $\pm 0,5$  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.

4. Установить вибропреобразователь на вибрирующую поверхность.

#### Рекомендуемые способы установки

	003ОП/ 004ОП	Платформа напольная для измерений вибрации на полу <sup>2</sup> (применяется для измерений общей вибрации). Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки
	002ОТ	Платформа-диск для измерений вибрации 3-компонентным датчиком на жестком и плоском сиденье. Датчик крепится с помощью резьбовой шпильки

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

	001OT	Кубик для установки однокомпонентного датчика с различной ориентацией на платформу 002OT (см. выше)
	003РД/ 004РД	Полужесткий диск для установки 3-компонентного датчика AP2082M (003РД) или AP2038P (004РД). Применяется для измерений вибрации на любых сиденьях
	001КР  002КР	Адаптер кисти руки (три положения установки 1-компонентного датчика). Зажимается между пальцами рук и рукояткой вибрирующего инструмента.  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
	004AP5022	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
		Для установки датчика клеевым способом. Применяется для измерений вибрации в частотном диапазоне не более 300 Гц

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

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

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

Ориентировать трёхкомпонентный акселерометр необходимо согласно маркировке на корпусе датчика виброускорения.

- После включения виброметра выждать не менее 40-60 секунд, прежде чем начинать измерения.
- 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 и минимальные текущие среднеквадратичные уровни ускорения считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Min/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:

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

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 скорректированных ускорений приведены в Таблице В-2.

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

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувствительность, $S_{ном}, мВ/мс^{-2}$	Диапазон измерения при номинальной чувствительности, дБ отн. $1 мкм/с^2$ *)	Погрешность измерения, не более дБ
ОКТАВА-110А ОКТАВА-110А-ЭКО ЭКОФИЗИКА-110А	Общая / Локальная вибрация-1 Анализ-1-LF, MF, EF Анализ-4-LF, MF, EF (канал МІС)	- ИИБ (измерительно-индикаторный блок) - Адаптер 110А-ІЕРЕ		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Синусоидальный сигнал</b> ± 0,3 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ± 1,0 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений).</li> <li>• <b>Широкополосная безударная вибрация:</b> ± 1,0 дБ (при уровне сигнала не менее +5 дБ от нижнего предела измерений); ± 1,2 дБ (при уровне сигнала вблизи нижнего предела измерений)</li> <li>• <b>Ударная вибрация:</b> ± 1,0 дБ</li> </ul>
ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)	Общая / Локальная вибрация ЭФБ-110А 1/3-октавный анализатор МІС	- Вибропреобразователь АР2037-100 (АР2098, АР98, АР2082М, АР2038-100)	10	52 – 174 (1 Гц), 54 – 174 (2 Гц), 56 – 174 (16 Гц), 56 – 174 (1 кГц)	
	Общая / Локальная вибрация ЭФБ-НF (канал А)	- Вибропреобразователь ДН-4-Э	1	72 – 194 (1 Гц), 74 – 194 (2 Гц), 76 – 194 (16 Гц), 76 – 194 (1 кГц)	
	1/3-октавный анализатор МХУZ (канал МІС)	- Вибропреобразователь АР2037 (АР2038P)	1,1	65 – 192 (1 Гц), 61 – 192 (2 Гц), 53 – 192 (16 Гц), 55 – 192 (1 кГц)	
		- Вибропреобразователь АР2099-100	10	42 – 174 (1 Гц), 42 – 174 (2 Гц), 41 – 174 (16 Гц), 50 – 174 (125 Гц)	
ОКТАВА-101ВМ ОКТАВА-110В ЭКОФИЗИКА-110А ЭКОФИЗИКА-110В	Общая / Локальная вибрация-3 Анализ-4 (3)-LF, MF, EF (каналы X, Y, Z или K1, K2, K3)	- ИИБ (измерительно-индикаторный блок) - Вибропреобразователь АР2082		Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов)	
ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)	Общая / Локальная вибрация ЭФБ-НF (каналы X, Y, Z) 1/3-октавный анализатор МХУZ (каналы X, Y, Z)	- Вибропреобразователь АР2038P	10	60 – 164	
		- Вибропреобразователь ДН-4-Э	1	80 – 184	
		- Вибропреобразователь АР2099-100	1,1	65 – 182 (1 Гц), 61 – 182 (2 Гц), 53 – 182 (16 Гц), 55 – 182 (1 кГц)	
ЭКОФИЗИКА-110В (Белая)	Общая / Локальная вибрация ЭФБ-110В 1/3-октавный анализатор ХУZ	- Вибропреобразователь АР2099-100	10	42 – 164 (1 Гц), 42 – 164 (2 Гц), 41 – 164 (16 Гц), 50 – 164 (125 Гц)	

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

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

$$\Delta_k = 20 \lg \frac{\sqrt{2}}{k} (\text{дБ})$$

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

Средства измерения указаны в Таблице УЗ-2.

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

При оперативных измерениях микрофонный предусилитель допустимо подключать непосредственно к входному разъему индикаторного блока (**ИИБ ОКТАВА-110А, ОКТАВА-101АМ, ОКТАВА-110А-ЭКО, ИМ 110А** для прибора **ЭКОФИЗИКА-110А**). При измерениях уровней звукового давления с **ИМ HF** для прибора **ЭКОФИЗИКА-110А** и с прибором **ЭКОФИЗИКА-110В** 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 **TRP001** 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.**

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.
4. Приборы серий **ОКТАВА** и **ЭКОФИЗИКА** в комплекте с микрофонными капсулями **ВМК-205, МК-265, МК233** 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 капсуля 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 взвешенных по времени уровней звукового давления **FAST (F)**, **SLOW (S)** считываются на индикаторе ИБ рядом с метками **Fast**, **Slow**.
9. Максимальные и минимальные взвешенные по времени уровни звукового давления **FAST (F)**, **SLOW (S)** считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Min/Max**.
10. Средний по времени (эквивалентный) уровень звукового давления считывается на индикаторе ИБ рядом с меткой **Leq**. В последней строке индикаторного экрана считывают продолжительность измерения (усреднения по времени) эквивалентного уровня и уровня звуковой экспозиции.
11. Величина УЗД  $L_{изм}(f)$  в полосе частот с центральной частотой  $f$  рассчитывается по формуле:

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

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

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

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

13. 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 <sup>*</sup>	Погрешность измерения, не более дБ
ОКТАВА-110А-ЭКО	ЭкоЗвук-110А	- ИИБ ОКТАВА-110А-ЭКО или ОКТАВА-110А - Предусилитель Р200 - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{max}-5дБ \geq L_p \geq L_{min}+5дБ</math>: <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{max}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{min}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>• В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>
ОКТАВА-110А	Звук+	- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201)	50	13 – 139 (в октавах) 11 – 139 (в 1/3-октавах)	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	24 – 150 (в октавах) 22 – 150 (в 1/3-октавах)	
ОКТАВА-101АМ	Звук	- ИИБ ОКТАВА-101АМ - Предусилитель КММ400 - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на четыре поддиапазона	
		- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201)	50	14 – 145 дБА (в октавах) 12 – 145 (в 1/3-октавах)	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	25 – 156 (в октавах) 23 – 156 (в 1/3-октавах)	
ЭКОФИЗИКА-110А	ЭкоЗвук Ультразвук-40к Анализ-1-НФ Анализ-4-НФ (канал МІС)	- ИБ ЭКОФИЗИКА-D или ЭКОФИЗИКА-D (Белая) - ИМ 110А или НФ - Предусилитель Р200 - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{max}-5дБ \geq L_p \geq L_{min}+5дБ</math>: <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{max}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{min}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>• В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>
ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)	ЭкоЗвук-ЭФБ-110А Ультразвук 40кГц 1/3-октавный анализатор МІС	- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221, МР201)	50	13 – 139 (в октавах) 11 – 139 (в 1/3-октавах)	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	24 – 150 (в октавах) 22 – 150 (в 1/3-октавах)	
		- Микрофон МК301, МК401	5	33 – 159 (в октавах) 31 – 159 (в 1/3-октавах)	

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$ , мВ/Па	Диапазон измерения при номинальной чувствительности *)	Погрешность измерения, не более дБ
ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)	1/3-октавный анализатор MXYZ	- ИИБ ЭКОФИЗИКА (HF-Белая) - Предусилитель P200 - Предусилитель P410 (входы X, Y, Z) - ОКТАФОН с ЭКВ-110-3		** Диапазон измерения делится на три поддиапазона  *** Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{max}-5дБ \geq L_p \geq L_{min}+5дБ</math>: <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{max}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{min}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>• В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>
		- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221) - МР201	50	11 – 139 ** (вход МІС) 25 – 125 *** (входы X,Y,Z)	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	22 – 150 ** (вход МІС) 36 – 136 *** (входы X,Y,Z)	
		- Микрофон МК301, МК401	5	31 – 159 ** (вход МІС) 47 – 147 *** (входы X,Y,Z)	
ЭКОФИЗИКА-110В (Белая)	1/3-октавный анализатор XYZ	- ИИБ ЭКОФИЗИКА-110В (Белая) - Предусилитель P200 (через ОКТАФОН) - Предусилитель P410 (входы 1, 2, 3) – только с МР201 - ОКТАФОН с ЭКВ-110-3		Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{max}-5дБ \geq L_p \geq L_{min}+5дБ</math>: <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{max}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{min}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>• В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>
		- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221) - МР201	50	25 – 125	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	36 – 136	
		- Микрофон МК301, МК401	5	47 – 147	

\*) 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

$$\Delta_k = 20 \lg \frac{\sqrt{2}}{k} (\text{дБ})$$

## **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**

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 **TRP001**.  
При скорости ветра выше 1 м/с измерения инфразвука сильно искажаются и измерения недопустимы.
2. При измерениях звукового давления важно помнить, что микрофон должен находиться в термодинамическом равновесии с окружающей средой. Поэтому при перенесении микрофона из теплой среды в холодную и наоборот необходимо выждать не менее 30 минут.
3. До и после измерений следует проверять чувствительность измерительного тракта с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации. При подаче калибровочного сигнала показания фильтра, соответствующего частоте калибровки, должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах  $\pm 0,3$  дБ. Если проверка чувствительности измерительного тракта не проводится, при оценке погрешности измерений необходимо учитывать дополнительные погрешности, связанные с влиянием внешних факторов (температуры, влажности, атмосферного давления, электромагнитных полей), которые приводятся в руководстве по эксплуатации шумомера.
4. Приборы серий **ОКТАВА** и **ЭКОФИЗИКА** в комплекте с микрофонными капсюлями **ВМК-205, МК-265, МК-233** 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 взвешенных по времени уровней звукового давления **FAST (F)**, **SLOW (S)** считываются на индикаторе ИБ рядом с метками **Fast, Slow**. Для измерений уровней звукового давления в инфразвуковой области частот использование временной характеристики **Fast (F)** не рекомендуется.
9. Максимальные и минимальные взвешенные по времени уровни звукового давления **FAST (F)**, **SLOW (S)** считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Min/Max**.
10. Средний по времени (эквивалентный) уровень звукового давления считывается на индикаторе ИБ рядом с меткой **Leq**. Продолжительность усреднения уровней звукового давления в октавных полосах частот 2-4 Гц должна быть не менее 3 минут, а в октавных полосах частот 8-16 Гц – не менее 1 минуты. Продолжительность усреднения уровней звукового давления в полосе фильтра **FI** – не менее 3 мин.
11. Величина УЗД  $L_{изм}(f)$  в октавной (третьоктавной) полосе частот с центральной частотой  $f$  рассчитывается по формуле:

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

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

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

где  $\Delta_1$  – погрешность измерения звука в соответствии с Таблицей УЗ-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 <sup>*)</sup>	Погрешность измерения, не более дБ
ОКТАВА-110А-ЭКО	ЭкоЗвук-110А	- ИИБ ОКТАВА-110А-ЭКО или ОКТАВА-110А - Предусилитель Р200 - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{max}-5дБ \geq L_p \geq L_{min}+5дБ</math>: <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{max}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{min}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>• В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>
ОКТАВА-110А	Инфразвук+	- Микрофон ВМК-205 (МК-265)	50	25 – 139 (FI) 13 – 139 (в октавах) 11 – 139 (в 1/3-октавах)	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	35 – 150 (FI) 24 – 150 (в октавах) 22 – 150 (в 1/3-октавах)	
ОКТАВА-101АМ	Инфразвук	- ИИБ ОКТАВА-101АМ - Предусилитель КММ400 - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на четыре поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>
		- Микрофон ВМК-205 (МК-265)	50	30 – 145 (FI) 20 – 145 (в октавах) 20 – 145 (в 1/3-октавах)	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	36 – 156 (FI) 26 – 156 (в октавах) 26 – 156 (в 1/3-октавах)	
ЭКОФИЗИКА-110А	ЭкоЗвук Анализ-1-LF	- ИИБ ЭКОФИЗИКА-110А - ИИБ ЭКОФИЗИКА-110А (Белая) - Предусилитель Р200 - Кабель ЕХС00ХR (опция)		Диапазон измерения делится на три поддиапазона	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{max}-5дБ \geq L_p \geq L_{min}+5дБ</math>: <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{max}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{min}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>• В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>
ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)	ЭкоЗвук-ЭФБ-110А 1/3-октавный анализатор МІС	- Микрофон ВМК-205 (МК-265),	50	25 – 139 (FI) 13 – 139 (в октавах) 11 – 139 (в 1/3-октавах)	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	35 – 150 (FI) 24 – 150 (в октавах) 22 – 150 (в 1/3-октавах)	

Модель	Режим измерения	Комплектация	Номинальная чувств-ть, $S_{ном}$ , мВ/Па	Диапазон измерения при номинальной чувствительности *)	Погрешность измерения, не более дБ
ЭКОФИЗИКА-110А	Анализ-4-LF	- ИИБ ЭКОФИЗИКА-110А-НФ, -НФ-Белая - Предусилитель Р200 (вход МІС, ОКТАФОН) - Микрофонный блок питания ОКТАФОН с адаптером прямого входа ЭКВ-110		** Диапазон измерения делится на три поддиапазона  *** Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{max}-5дБ \geq L_p \geq L_{min}+5дБ</math>: <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{max}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{min}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>• В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>
ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)	1/3-октавный анализатор МХУЗ	- Микрофон ВМК-205 (МК-265)	50	11 – 139** (вход МІС) 25 – 125*** (входы X,Y,Z)	
		- Микрофон М-201, МК-233	14	22 – 150** (вход МІС) 36 – 136*** (входы X,Y,Z)	
ЭКОФИЗИКА-110В	Анализ-3-ЕФ Анализ-3-LF	- ИИБ ЭКОФИЗИКА-110В, -110В-Белая - Предусилитель Р200 (через ОКТАФОН) - Микрофонный блок питания ОКТАФОН с адаптером прямого входа ЭКВ-110		Диапазон измерения – единый (без поддиапазонов)	
ЭКОФИЗИКА-110В (Белая)	1/3-октавный анализатор ХУЗ	- Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221)	50	25 – 125	
		- Микрофон М-201, МК-233 – с Р200	14	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

$$\Delta_k = 20 \lg \frac{\sqrt{2}}{k} (\text{дБ})$$

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

Средства измерения указаны в Таблице УЗ-4.

1. Подсоединить измерительный микрофон к индикаторному блоку в соответствии со схемами подключения в руководстве по эксплуатации. При измерениях ультразвука недопустимо подключать микрофонный предусилитель непосредственно к входному разъему индикаторного блока для **ИИБ ЭКОФИЗИКА-110А** с **ИМ НФ**. Рекомендуется устанавливать микрофонный предусилитель в нужном месте с помощью штатива **TRP001** и подсоединять к индикаторному блоку с помощью удлинительного кабеля.

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

2. При измерениях звукового давления важно помнить, что микрофон должен находиться в термодинамическом равновесии с окружающей средой. Поэтому при перенесении микрофона из теплой среды в холодную и наоборот необходимо выждать не менее 30 минут.
3. До и после измерений следует проверять чувствительность измерительного тракта с помощью акустического калибратора в соответствии с руководством по эксплуатации. При подаче калибровочного сигнала показания фильтра, соответствующего частоте калибровки, должны совпадать с калибровочным уровнем в пределах  $\pm 0,3$  дБ. Если проверка чувствительности измерительного тракта не проводится, при оценке погрешности измерений необходимо учитывать дополнительные погрешности, связанные с влиянием внешних факторов (температуры, влажности, атмосферного давления, электромагнитных полей), которые приводятся в руководстве по эксплуатации шумомера.
4. Приборы серий **ОКТАВА** и **ЭКОФИЗИКА** в комплекте с микрофонными капсюлями **М-201**, **МК-233** 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**. 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 взвешенных по времени уровней звукового давления **FAST**, **SLOW** считываются на индикаторе ИИБ рядом с метками **Fast**, **Slow**.
9. Максимальные и минимальные взвешенные по времени уровни звукового давления **FAST**, **SLOW** считываются на индикаторе рядом с теми же метками и метками **Min/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 и уровня звуковой экспозиции.

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

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

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

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

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 ОКТАВА-110А ЭКОФИЗИКА-110А ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)	ЭкоЗвук-110А Звук+ ЭкоЗвук ЭкоЗвук-ЭФБ-110А	- ИИБ ОКТАВА-110А-ЭКО, или ОКТАВА-110А, или ИБ ЭКОФИЗИКА-D, или ЭКОФИЗИКА-D (Белая) - ИМ 110А или HF - Предусилитель P200 - Кабель ЕХС00XR (опция) - Микрофон ВМК-205 (МК-265, МК-221) - Микрофон М-201, МК-233	50 14	20 кГц	Диапазон измерения делится на три поддиапазона 11 – 139 22 – 150	<ul style="list-style-type: none"> <li>Для <i>непереходных процессов (стационарных, медленно меняющихся)</i>: <math>L_{max}-5дБ \geq L_p \geq L_{min}+5дБ</math>: <math>\pm 0,7</math> дБ, где <math>L_{max}</math> – верхний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД, <math>L_{min}</math> – нижний предел линейного рабочего диапазона измерений УЗД.</li> <li>В <i>полном линейном рабочем диапазоне измерения УЗД</i>: <math>\pm 1,0</math> дБ</li> </ul>
ЭКОФИЗИКА-110А ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)	Анализ-1-НФ Анализ-4-НФ Ультразвук-40к Ультразвук 40кГц 1/3-октавный анализатор МІС 1/3-октавный анализатор МХУZ	- ИБ ЭКОФИЗИКА-D или ЭКОФИЗИКА-D (Белая) - ИМ 110А или HF - Предусилитель P200 - Кабель ЕХС00XR (опция) - Микрофон М-201, МК-233 - Микрофон МК301, МК401	14 5	40 кГц	Диапазон измерения делится на три поддиапазона 22 – 150 31 – 159	
ЭКОФИЗИКА-110А ЭКОФИЗИКА-110А (Белая)	Ультразвук-100к Ультразвук 100кГц	- ИИБ ЭКОФИЗИКА-110А (НФ или НФ-Белая) - Предусилитель P200 (вход МІС/НФ) - Микрофон МК401, 4136 - Микрофон МК301, 4135	5	63 кГц 100 кГц	Диапазон измерения делится на три поддиапазона 47 – 159	

\*) 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

$$\Delta_k = 20 \lg \frac{\sqrt{2}}{k} \text{ (дБ)}$$

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

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

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

<b>ПРИБОР</b>	<b>НОМЕР РЭ</b>	<b>СООТВЕТСТВУЮЩИЙ ПРИБОР В МИ ПКФ 12.006</b>	<b>НОМЕР РЭ</b>
ЭКОФИЗИКА	ПКДУ.411000.001 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