модель 3541

Интенсиметрический калибратор

ОСОБЕННОСТИ:

- Интенсиметрическая камера связи для имитации плоской волны в свободном звуковом поле
- Пистонфон для калибровки по интенсивности звука, колебательной скорости частиц и звуковому давлению
- Широкополосный источник звука для определения показателя разности давление-интенсивность

ПРИМЕНЕНИЕ:

- Калибровка интенсиметрической аппаратуры по интенсивности звука и колебательной скорости частиц
- Калибровка аппаратуры по звуковому давлению
- Определение показателя разности давление-интенсивность

Интенсиметрический калибратор 3541 дает возможность калибровки интенсиметрической аппаратуры с учетом точно определенных опорных уровней интенсивности звука и колебательной скорости частиц. Интенсиметрическую аппаратуру и ее микрофоны нельзя считать совершенно прокалиброванными в случае, если в процессе калибровки учтены только присущие отдельным каналам значения чувствительности по звуковому давлению. Калибровка, осуществляемая с помощью прибора 3541, дает гарантию правильности результатов проводимых интенсиметрической аппаратурой с микрофонами измерений интенсивности звука и колебательной скорости частиц.

Интенсиметрический калибратор 3541 предназначен для калибровки комплектов, состоящих из прибора 2133, 4433, 3360, 2032 или 2034 и акустического зонда 3519, 3520 или 3545 фирмы Брюль и Къер. Отметим, что акустический зонд должен быть снабжен микрофонами из набора 4181 или 4183 фирмы Брюль и Къер. Отсутствие специальных корректоров, которыми снабжены входящие в упомянутые наборы микрофоны, ограничивает область применения других наборов микрофонов (см. посвященный микрофонам и корректорам раздел данного справочного листа).

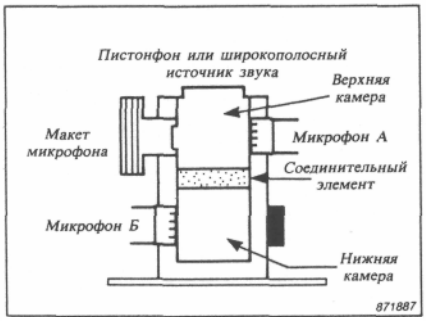


Рис. 2. Упрощенный чертеж, показывающий поперечный разрез интенсиметрической камеры связи

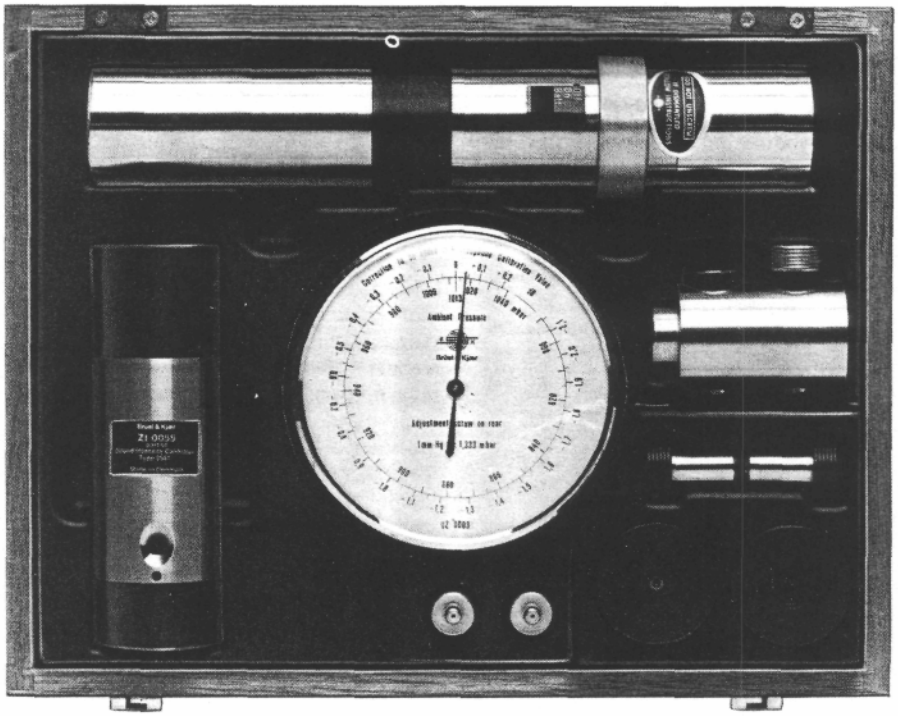


Рис. I. Интенсиметрический калибратор 3541 в деревянном ящике

Упрощенный чертеж на рис. 2 показывает поперечный разрез интенсиметрической камеры связи, входящей в комплект при поставке интенсиметрического калибратора 3541 и состоящей из двух акустических камер и соединительного элемента. Пистонфон, соединенный с интенсиметрической камерой связи, создает в обеих акустических камерах звуковое давление с идентичной амплитудой, но с определенным сдвигом по фазе. Таким образом имитируется плоская звуковая волна, распространяющаяся в свободном звуковом поле. Эта имитируемая звуковая волна используется при калибровке по интенсивности звука и колебательной скорости частиц.

Входящие в состав интенсиметрического калибратора 3541 пистонфон и камеру связи также можно использовать при калибровке по звуковому давлению.

Широкополосный источник звука, входящий в комплект при поставке интенсиметрического калибратора 3541, способствует определению показателя разности давление-интенсивность. Спектры этого показателя используются с целью оценки погрешности интенсиметрических измерений.

В поставляемом вместе с итенсиметрическим калибратором 3541 индивидуальном паспорте приведены опорные значения уровней звукового давления, интенсивности звука и колебательной скорости частиц, учитываемые при калибровке, и значения поправок на условия окружающей среды. По предусмотренному в комплекте прибора 3541 барометру мо-

жно определить поправки на атмосферное давление, вносимые в опорные значения звукового давления и колебательной скорости частиц. Отметим, что опорное значение уровня интенсивности звука вообще не зависит от атмосферного давления.

Процедура калибровки

Полная калибровка интенсиметрической аппаратуры и входящих в ее состав микрофонов предполагает выполнение следующих операций:

- калибровка по звукововму давлению (оба микрофонных канала интенсиметрической аппаратуры)
- калибровка по интенсивности звука и колебательной скорости частиц (комплектная интенсиметрическая аппаратура с микрофонами)
- определение спектра показателя разности давление-интенсивность (комплектная интенсиметрическая аппаратура с микрофонами)

Калибровка по звуковому давлению

Конфигурация, используемая при калибровке по звуковому давлению, показана на рис. 3. Пистонфон установлен сверху интенсиметрической камеры связи, в верхнюю камеру которой вставлены оба микрофона калибруемой аппаратуры. Оба микрофона подвергаются воздействию идентичного звукового давления, создаваемого пистонфоном. При калибровке микрофонных каналов интенсиметрической аппаратуры учитывается опорное значение уровня звукового давления, приведенное в индивидуальном паспорте прибора 3541.

Калибровка по интенсивности звука и колебательной скорости частиц

Упрощенная блок-схема на рис. 4 иллюстрирует метод определения интенсивности звука и колебательной скорости частиц и принцип конструкции основанной на этом методе интенсиметрической аппаратуры. Сигнал, пропорциональный колебательной скорости частиц, получается путем интегрирования по времени сигнала, отображающего мгновенные значения разности звукового давления, воспринимаемого микрофонами интенсиметрического акустического зонда. Отметим, что амплитуда упомянутого сигнала равна нулю при калибровке по звуковому давлению. Следовательно, в процессе калибровки по звуковому давлению нельзя на основе этого сигнала убедиться в работоспособности интенсиметрической аппаратуры.

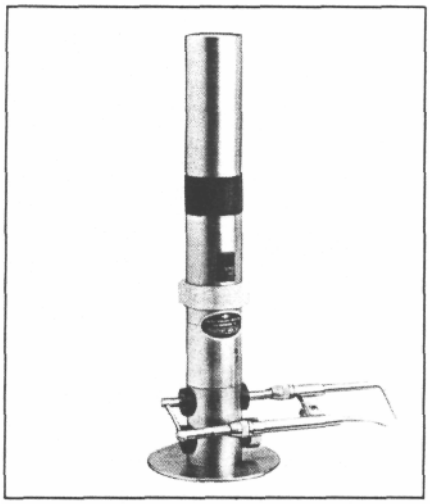


Рис. 3. Конфигурация, используемая при калибровке по звуковому давлению

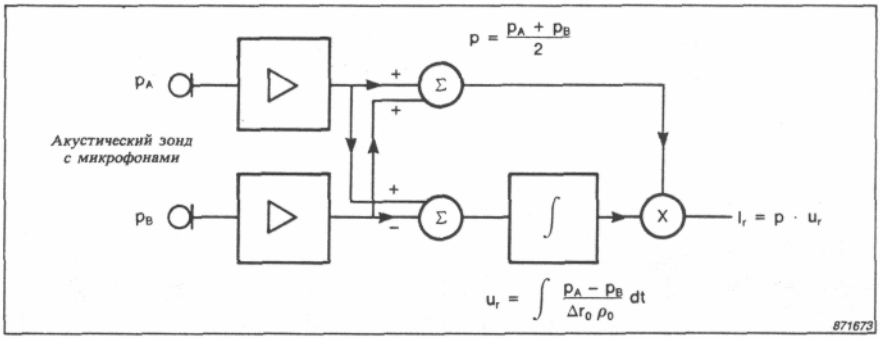


Рис. 4. Упрощенная блок-схема комплектной интенсиметрической аппаратуры. На основе отдаваемых двумя микрофонами сигналов определяются звуковое давление p в центре между микрофонами и колебательная скорость частиц u_r в направлении оси акустического зонда. Интенсивность звука определяется путем умножения p на u,

Конфигурация, используемая при калибровке по интенсивности звука и колебательной скорости частиц, показана на рис. 5. Пистонфон установлен сверху интенсиметрической камеры связи, а микрофоны калибруемой аппаратуры находятся по одному в верхней и нижней камерах последней. Интенсиметрическая камера связи в этой конфигурации обусловливает сдвиг фазы звуковых полей, в которых находятся оба микрофона. Следовательно, на микрофоны калибруемой аппаратуры воздействуют звуковые давления, соответствующие равному 50 мм расстоянию между акустическими центрами микрофонов в отсутствии реверберационных полей. Звуковые давления со сдвигом фазы имитируют интенсивность звука и колебательную скорость частиц. Следовательно, амплитуда упомянутого выше и отображающего значения разности звукового давления сигнала отличается от нуля, так что на основе этого сигнала можно убедиться в работоспособности интенсиметрической аппаратуры.

Определение показателя разности давление-интенсивность

В рамке на следующей странице показано, что даже весьма малое отличие фазовых характеристик микрофонных каналов интенсиметрической аппаратуры может приводить к ошибке, проявляющейся в виде так называемой «остаточной интенсивности». Остаточная интенсивность является важной проблемой интенсиметрической аппаратуры и входящих в ее состав микрофонов при всех углах падения звуковых волн.

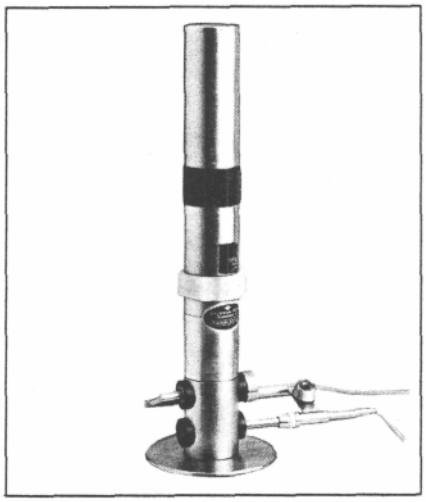


Рис. 5. Конфигурация, используемая при калибровке по интенсивности звука и колебательной скорости частиц

Конфигурация, используемая при определении остаточной интенсивности, показана на рис. 6. Широкополосный источник звука установлен сверху интенсиметрической камеры связи, в верхнюю камеру которой вставлены оба микрофона калибруемой аппаратуры. Широкополосный источник звука генерирует розовый акустический шум, присущие которому уровни звукового давления в камере связи имеют почти идентичные значения в октавных полосах в широком диапазоне частот. Оба микрофона подвергаются воздействию идентичного звукового давления, создаваемого упомянутым широкополосным источником. Следовательно, определяемые интенсиметрической аппаратурой значения являются значениями остаточной интенсивности.

Важное затруднение, связанное с остаточной интенсивностью, заключается в том, что она не обладает фиксированным спектром. Спектр остаточной интенсивности зависит от звукового давления, воздействующего на микрофоны интенсиметрической аппаратуры. Однако, при определенном расстоянии между акустическими центрами используемых микрофонов и определенной частоте разность между уровнем звукового

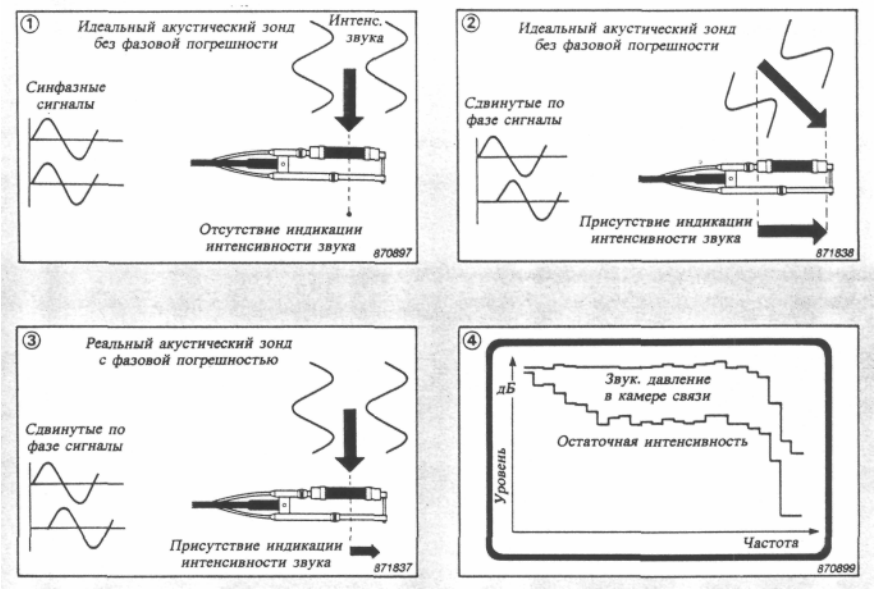
Остаточная интенсивность

1. Падающая на микрофоны звуковая волна направлена перпендикулярно к оси акустического зонда (угол падения равен 90°). В направлении оси акустического зонда отсутствует поток звуковой энергии. Микрофоны акустического зонда отдают синфазные сигналы. Интенсивность звука равна нулю.

2. Звуковая волна, падающая под отличающимся от 90° углом, обусловливает поток звуковой энергии в направлении оси акустического зонда. Отдаваемые микрофонами акустического зонда сигналы не находятся в фазе. Интенсивность звука отличается от нуля.

3. На практике даже при падении звуковой волны под углом 90° небольшое отличие фазовых характеристик микрофонов акустического зонда обуловливает небольшой сдвиг фазы отдаваемых этими микрофонами сигналов. Это сопровождается присутствием *кажущегося* потока звуковой энергии в направлении оси акустического зонда.

4. Присутствие *кажущегося* потока звуковой энергии обусловливает обнаружение ненулевой интенсивности звука соединенной с акустическим зондом интенсиметрическои аппаратурой. Эта интенсивность условно называется «остаточной интенсивностью».



Описанная выше ситуация может быть искусственно создана лишь при помощи интенсиметрического калибратора 3541 в показанной на рис. 6 конфигурации. На практике нельзя другим способом создать звуковую волну, направленную точно перпендикулярно к оси акустического зонда. В действительном звуковом поле вне иятенсиметрической камеры связи всегда присутствует определенный поток звуковой энергии в направлении оси акустического зонда, так что измеряемая интенсиметрическои аппаратурой интенсивность звука в таком случае всегда отличается от остаточной интенсивности.

давления и уровнем остаточной интенсивности имеет фиксированное значение. Именно это фиксированное значение называется показателем разности давление-интенсивность.

Присущие отдельным частотным полосам значения уровней звукового давления и интенсивности звука должны быть определены при помощи интенсиметрического калибратора 3541 в показанной на рис. 6 конфигурации. С учетом полученных в отдельных частотных полосах результатов затем путем вычитания значений уровней интенсивности из значений уровней звукового давления определяются присущие соответствующим полосам значения уровней показателя разности давление-интенсивность используемой интенсиметрическои аппаратуры. Соответствующий пример показан на рис. 7.

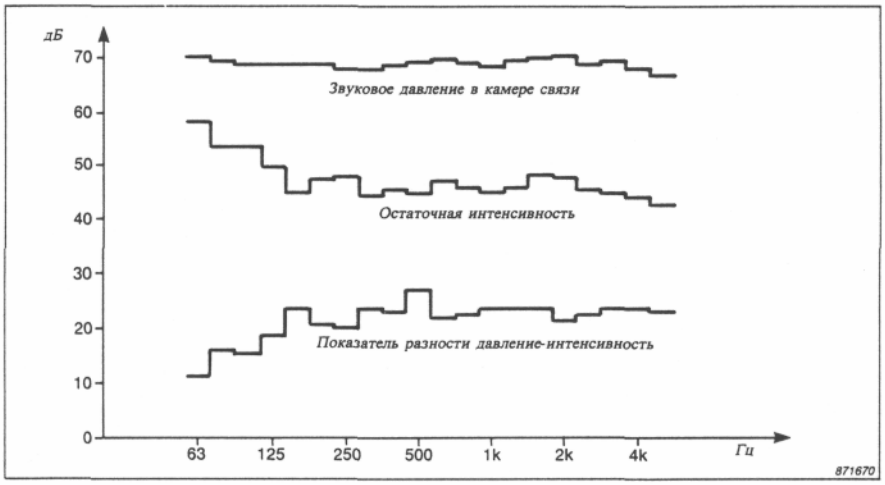


Рис. 7. Спектр остаточной интенсивности и средний спектр звукового давления, определенные при помощи интенсиметрического калибратора 3541 в показанной на рис. 6 конфигурации. На основе этих спектров вычислен спектр показателя разности давление- интенсивность

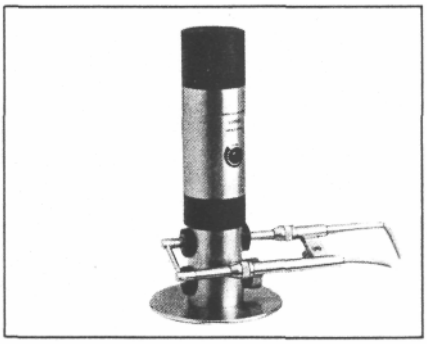


Рис. 6. Конфигурация, используемая при определении остаточной интенсивности и показателя разности давление- интенсивность

Спектры показателя разности давление-интенсивность

Необходимым условием применения спектра показателя разности давление-интенсивность для оценки погрешности результатов измерений интенсивности звука является наличие среднего спектра звукового давления, определенного на основе результатов измерений в исследуемом звуковом поле. Присущие отдельным частотным полосам значения уровней остаточной интенсивности определяются путем вычитания значений уровней спектра показателя разности давление-интенсивность из соответствующих значений уровней среднего спектра звукового давления. Соответствующий пример показан на рис. 8, в котором учтен показанный на рис. 7 спектр показателя разности давление-интенсивность. Для непревышающей 1 дБ погрешности необходимо, чтобы полученный в результате измерения уровень интенсивности звука в учитываемой частотной полосе превышал по меньшей мере на 7 дБ присущий той же полосе уровень остаточной интенсивности.

Микрофоны и фазовые корректоры

Применение микрофонов, отлича-

ющихся от образующих наборы 4181 и 4183 микрофонов, с целью определения показателя разности давление-интенсивность не допускается.

Мембраны установленных в интенсиметрическую камеру связи прибора 3541 микрофонов подвергаются воздействию создаваемого в этой камере звукового давления. Однако, отверстия для выравнивания статического давления этих микрофонов не находятся под воздействием упомянутого звукового давления. Микрофоны, входящие в состав наборов 4181 и 4183 фирмы Брюль и Къер, снабжены специальными фазовыми корректорами. Эти корректоры способствуют обеспечению слишком малой чувствительности упомянутых микрофонов к звуковому давлению, воздействующему на их отверстия для выравнивания статического давления.

Рис. 8. Спектр интенсивности звука и средний спектр звукового давления, определенные в исследуемом звуковом поле при помощи интенсиметрической аппаратуры. Аппаратура прокалибрована с помощью интенсиметрического калибратора 3541. Спектр остаточной интенсивности определен на основе спектра на рис. 7

Интенсиметрический калибратор 3541

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ:
Иитенсиметрическая камера связи (1 шт).....UA0914
Пистонфон (1 шт).....4220
Широкополосный источник звука (1 шт).....ZI 0055

СТАНДАРТНЫЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ:
Барометр (1 шт).....UZ 0003
Микрофонный переходник (2 шт).....UA 0948
Фундаментная плита для интенсиметрической камеры связи (1 шт).....DB 3111
Соединительный кабель (2 шт) .....AO 0038
Переходник (2 шт) .....JP 0145
Макет микрофона (1 шт).....UC 5298
Микрофонный переходник для пистонфона:
переходник 1/2 дюйма (1 шт).....DB0311
переходник 1/4 дюйма (1 шт).....DB0310
переходник 1/8 дюйма (1 шт).....DB 0352
Инструкция по эксплуатации (1 шт)
Паспорт (1 шт)

ИНТЕНСИМЕТРИЧЕСКАЯ КАМЕРА СВЯЗИ UA 0914:

Камера связи № 1: отверстия № 1 и № 2
Камера связи № 2: отверстие № 3
Объем камеры связи: 10см^3 (каждая камера)
Эквивалентный нагрузочный объем: 250 мм^3 (каждое отверстие)

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ИСТОЧНИК ЗВУКА ZI 0055:
Ослабление генерируемого сигнала: 0 - 1 0 дБ (плавная настройка)
Батарея: щелочная батарея 6LF22, напряжение 9 В, обозначение фирмы Брюль и Къер QB0016
Срок службы батареи: 25 ч при непрерывной эксплуатации

Параметры электрического выхода внутреннего генератора:
Розовый шум: напряжение прибл. 45 мВ в каждой третьоктавной полосе
Белый шум: напряжение прибл. 45 мВ в третьоктавной полосе со средней частотой 250 Гц
Частотный диапазон: 10 Гц - 20 кГц
Выходное сопротивление: прибл. 50 Ом

Параметры широкополосного источника звука ZI 0055, соединенного с интенсиметрической камерой связи UA 0914 и работающего от внешнего источника сигнала:
Чувствительность: прибл. 65 мВ/Па (10 Гц - 1кГц)
Макс, напряжение входного сигнала: 70 мВ (СКЗ)
Входной импеданс: > 18 кОм (частота < 5 кГц)

БАРОМЕТР UZ 0003:
Диапазон статического давления: 790 - 1040мбар
Погрешность: < ± 0,1 дБ (температура + 20 °С), ± 0,2 дБ (диапазон температур -10 - + 50 °С)

ДИАПАЗОН РАБОЧИХ ТЕМПЕРАТУР:
-10- +50 "С

МАССА:
(вкл. ящик)
2,2кг

РАЗМЕРЫ ЯЩИКА:
280 х 230 х 57 мм

Уровни акустических сигналов в интенсиметрической камере связи UA 0914

УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПОВЕРКЕ:
Статическое давление: 1013 мбар
Температура: + 20 "С
Относительная влажность: 65%

ОСУЩЕСТВЛЯЕМАЯ ПРИ ПОМОЩИ ПИСТОНФОНА 4220 КАЛИБРОВКА ПО ЗВУКОВОМУ ДАВЛЕНИЮ, ИНТЕНСИВНОСТИ ЗВУКА И КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ ЧАСТИЦ
Частота: 250 Гц

Отверстия № 1 и № 2:
Уровень звукового давления: 118,0 ± 0,4 дБ отн. 20мкПа
Погрешность калибровки: ± 0,2 дБ
Коэффициент статического давления: 8,4 X 10~^{3} дБ/мбар
Температурный коэффициент: <±0,002дБ/°С
Коэффициент относительной влажности: пренебрежимо малое значение

Отверстия № 1 или № 2 и № 3:
Уровень имитируемой интенсивности звука: 117,85 ± 0,5 дБ отн. 1 пВт/м^2
Погрешность калибровки: ± 0,25 дБ
Номинальное расстояние между акустическими центрами микрофонов: 50 мм
Коэффициент статического давления: 1,25 X 10-" дБ/мбар
Температурный коэффициент: 0,024 дБ/^{0} С
Коэффициент относительной влажности: пренебрежимо малое значение

Уровень имитируемой колебательной скорости частиц: 117,7 ± 0,6 дБ отн. 50 нм/с
Погрешность калибровки: ± 0,3 дБ
Номинальное расстояние между акустическими центрами микрофонов: 50 мм
Коэффициент статического давления: -8,3 x 10~^{3} дБ/мбар
Температурный коэффициент: 0,05 дБ/°С
Коэффициент относительной влажности: пренебрежимо малое значение

ОСУЩЕСТВЛЯЕМОЕ ПРИ ПОМОЩИ ШИ РОКОПОЛОСНОГО ИСТОЧНИКА ЗВУКА ZI0055 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ РАЗНОСТИ ДАВЛЕНИЕ-ИНТЕНСИВНОСТЬ
Условия: розовый шум, ослабление 0 дБ, уровни в третьоктавных полосах

Отверстия № 1 и № 2 (только УЗД):
250 Гц: 74 ± 2,0 дБ
20 Гц — 1 кГц: ± 3,0 дБ отн. уровня при частоте 250 Гц
1 кГц — 5 кГц: ± 6,0 дБ отн. уровня при частоте 250 Гц
Показатель разности давление-интенсивность звукового поля в интенсиметрической камере связи UA 0914:
- номинальное расстояние между акустическими центрами микрофонов 50 мм: >ЗОдБ
- номинальное расстояние между акустическими центрами микрофонов 12 мм: >24дБ