

## Конденсаторный микрофон и микрофонный предусилитель

### ОСОБЕННОСТИ:

- Сверхнизкий порог собственного шума - -2,5 дБ(А), -7 —16 дБ в третьоктавных полосах в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц
- Большая чувствительность - 1 В/Па
- Частотная характеристика в свободном звуковом поле при угле падения звуковых волн 0° удовлетворяет требованиям, предъявляемым рекомендацией МЭК 651, т. 1
- Точно определенная эксплуатационная характеристика

### ПРИМЕНЕНИЕ:

- Аудиометрические исследования
- Мониторизация шума фона со сверхнизкими уровнями
- Определение звуковой мощности малошумных источников
- Измерения шума малошумного оборудования, осуществляемые на нужном для исключения шумов аэродинамического происхождения расстоянии

^Конденсаторный микрофон 4179 и микрофонный предусилитель 2660 фирмы Брюль и Кьер образуют уникальный микрофонный комплект для измерений звуков со сверхнизкими уровнями, т.е. с уровнями ниже равного 0 дБ отн. 20 мкПа номинального акустического порога. Порог собственного шума этого комплекта составляет всего -16 дБ в третьоктавной полосе со средней частотой 1 кГц. Частотная характеристика содержащего микрофон 4179 и предусилитель 2660 комплекта находится в пределах + 2, -3 дБ в диапазоне от 7 Гц до 12,5 кГц и соответствует рекомендации МЭК 651, т. 1. Высокая чувствительность, малый собственный шум и точно определенная эксплуатационная характеристика этого универсального комплекта способствуют существенному расширению его области применения. Конденсаторный микрофон 4179 снабжается паспортом, содержащим индивидуальные ^технические данные.



Номинальное значение уровня собственного шума высококачественных однодвоймовых конденсаторных микрофонов традиционной конструкции, например, микрофонов 4144 и 4145 фирмы Брюль и Кьер, составляет прибл. 10дБ(А). Содержащие эти микрофоны и качественные предусилители комплекты имеют порог собственного шума порядка 11 дБ(А) и, следовательно, ограниченный снизу уровнем прибл. 14 дБ(А) рабочий динамический диапазон. Параметры высококачественных полудвоймовых конденсаторных микрофонов, например, микрофонов 4165 и 4166 фирмы Брюль и Кьер, в отношении малого собственного шума и высокой чувствительности аналогичны параметрам однодвоймовых микрофонов. Однако, благодаря меньшему диаметру полудвоймовых микрофонов обладают рабочим частотным диапазоном, ширина которого превышает ширину рабочего частотного диапазо-

на однодвоймовых микрофонов. Упомянутые высококачественные одно- и полудвоймовые конденсаторные микрофоны эффективны и адекватны в большинстве областей, относящихся к измерениям звука в соответствии со стандартами МЭК, ИСО и АНИС. Однако, находящийся в пределах от -5 до +5 дБ порог собственного шума (третьоктавные полосы в диапазоне 20 Гц - 20 кГц) содержащих эти микрофоны комплектов исключает возможность измерений звукового давления вблизи или даже ниже опорного значения 20 мкПа. Применение микрофонов, диаметр которых превышает 1 дюйм, сопровождается сужением рабочего частотного диапазона и нарушением всенаправленной характеристики и, следовательно, общим ухудшением эксплуатационной характеристики соответствующих микрофонных комплектов. •

Однодвоймовый конденсаторный микрофон 4179 и предусилитель 2660 фирмы Брюль и Кьер сконструированы с учетом обеспечения сверхнизкого порога собственного шума и в комплекте дают возможность измерений звуков со сверхнизкими уровнями. Порог собственного шума содержащего микрофон 4179 и предусилитель 2660 комплекта имеет номинальным значение -2,5 дБ(А), а в узких частотных полосах достигнуты значения прибл. -16 дБ (третьоктавная полоса со средней частотой 1 кГц) и -34 дБ (полоса шириной 3,16 Гц, средняя частота 1 кГц). Этот высококачественный микрофонный комплект эффективен в широкой области применения, перекрывающей, например, лабораторные аудиометрические исследования, измерения шума малошумного оборудования в промышленности и др.

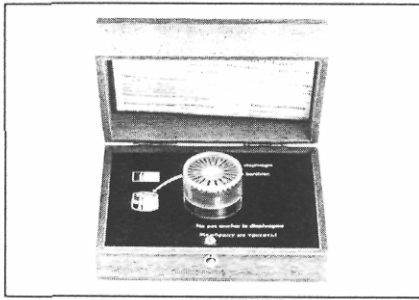


Рис. 1. Конденсаторный микрофон 4179 в ящике из красного дерева

## Описание

### Введение

Конденсаторный микрофон 4179 фирмы Брюль и Кьер поставляется в ящике из красного дерева (см. рис. 1) вместе с индивидуальным паспортом. Для соединения с предусилителем 2660 предусмотрен входящий в комплект при поставке последнего переходник DB0375. Предусилитель 2660 и его стандартные принадлежности

### Собственный шум содержащих конденсаторные микрофоны комплектов

Аналогично электрическим системам главным источником теплового шума в акустических системах является присутствие демпфирующим устройствам сопротивление. Тепловому шуму акустической системы соответствует эффективное эквивалентное звуковое давление, определенное интегральным выражением

$$\bar{p}^2 = \int_{f_1}^{f_2} 4 K T R df$$

где  $\bar{p}$  - среднее значение возведенного в квадрат эквивалентного звукового давления,  $K$  - постоянная Больцмана,  $T$  - абсолютная температура и  $R$  - общее акустическое сопротивление системы. Отметим, что интегрирование по частоте осуществляется с учетом пределов рабочего частотного диапазона системы, т.е.  $f_1$  и  $f_2$ .

Конденсаторный микрофон имеет два внутренних источника теплового шума, т.е. сопротивление демпфирующего устройства сзади мембраны ( $R_1$ ) и акустическое сопротивление устройства для выравнивания статического давления ( $R_2$ ). Действительная составляющая ( $R_a$ ) нагружающего извне мембрану микрофона комплексного акустического импеданса  $Z_a$  также является источником теплового шума. Отметим, что аналогичным нагрузочным акустическим импедансом, воздействующим извне на отверстие для выравнивания статического давления, можно пренебречь. Самый важный источник теплового шума конденсаторного микрофона является устройство демпфирования его мембраны. Следовательно, наиболее эффективный с точки зрения уменьшения собственного шума конденсаторного микрофона метод заключается в уменьшении преобладающей составляющей его общего акустического сопротивления, т.е. сопротивления демпфирующего его мембрану устройства ( $R_1$ ). Именно этот метод учтен в конструкции конденсаторного микрофона 4179,

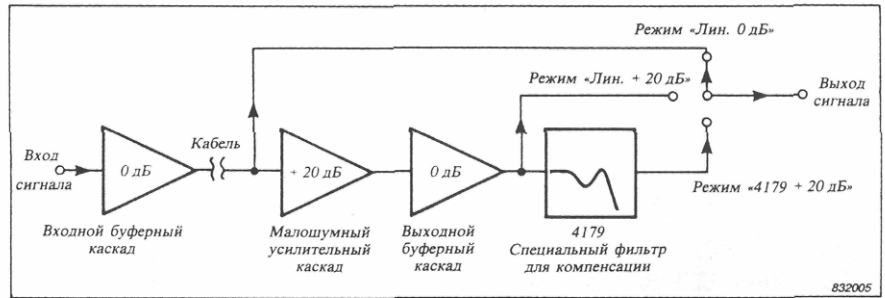


Рис. 2. Упрощенная блок-схема предусилителя 2660, допускающего эксплуатацию в трех отличающихся друг от друга рабочих режимах

собраны в ящике из красного дерева, в котором также предусмотрен отсек для содержащего микрофон 4179 ящика.

Упрощенная блок-схема предусилителя 2660 показана на рис. 2. Прибор 2660 снабжен переключателем на три положения, определяющим его конфигурацию в трех отличающихся друг от друга рабочих режимах. Обозначенные «Лин. 0 дБ» и «Лин. +20 дБ» положения предусмотрены

для совместной эксплуатации предусилителя 2660 с отличающимися от модели 4179 конденсаторными микрофонами. Отметим, что конструкция предусилителя 2660 дает возможность его непосредственного соединения с полудюймовыми микрофонами, в то время как для соединения последнего с однодюймовыми микрофонами предусмотрен переходник DB 0375. Переходники, способствующие соединению предусилителя

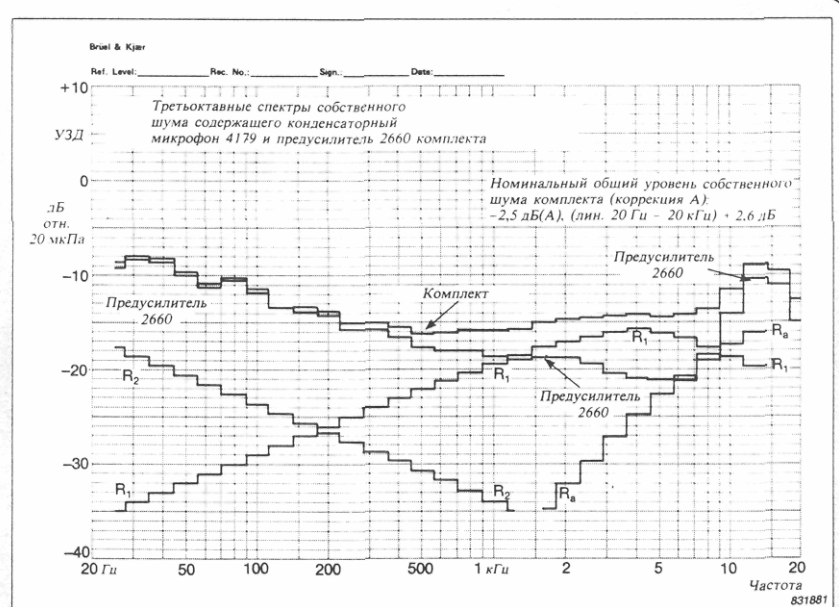


Рис. 3. Третьооктавные спектры собственного шума содержащего микрофон 4179 и предусилитель 2660 комплекта. Спектры предусилителя 2660 и микрофонно-предусилителя 2660 в целом измерены, а относящиеся к отдельным источникам ( $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_{j\text{тум}}$ ) микрофона 4179 спектры определены путем вычисления

сопротивление демпфирующего устройства мембраны которого прилб. в 40 раз меньше сопротивления соответствующих устройств традиционных однодюймовых конденсаторных микрофонов. В результате этого уменьшения акустического сопротивления удалось понизить на 16 дБ уровень собственного шума микрофона 4179. Поскольку пропорциональное уменьшению массы мембраны уменьшение жесткости не возможно, уменьшение акустического сопротивления демпфирующего мембрану устройства сказывается на амплитудно-частотной характеристике микрофона 4179, т.е. основной резонанс содержащего мембрану устройства имеет меньшее критического демпфирование и обусловленный резонансом мембраны пик появляется на частоте прилб. 7 кГц. Именно с учетом автоматической компенсации этого эффекта в предусилителе 2660, рассчитан-

ном на совместную эксплуатацию с микрофоном 4179, предусмотрен специальный электронный фильтр. Следовательно, общая амплитудно-частотная характеристика содержащего микрофон 4179 и предусилитель 2660 комплектна линейна с допуском  $\pm 2$  дБ в простирающемся от 10 Гц до 10 кГц диапазоне.

На рис. 3 показаны Третьооктавные спектры отдельных составляющих и общего шума содержащего микрофон 4179 и предусилитель 2660 комплекта. Спектры собственного шума предусилителя 2660 и микрофонного комплекта в целом измерены, а относящиеся к отдельным источникам шума микрофона 4179 спектры определены путем вычисления. Общий уровень собственного шума содержащих конденсаторный микрофон 4179 и предусилитель 2660 комплектов имеет номинальным значение -2,5 дБ(A).

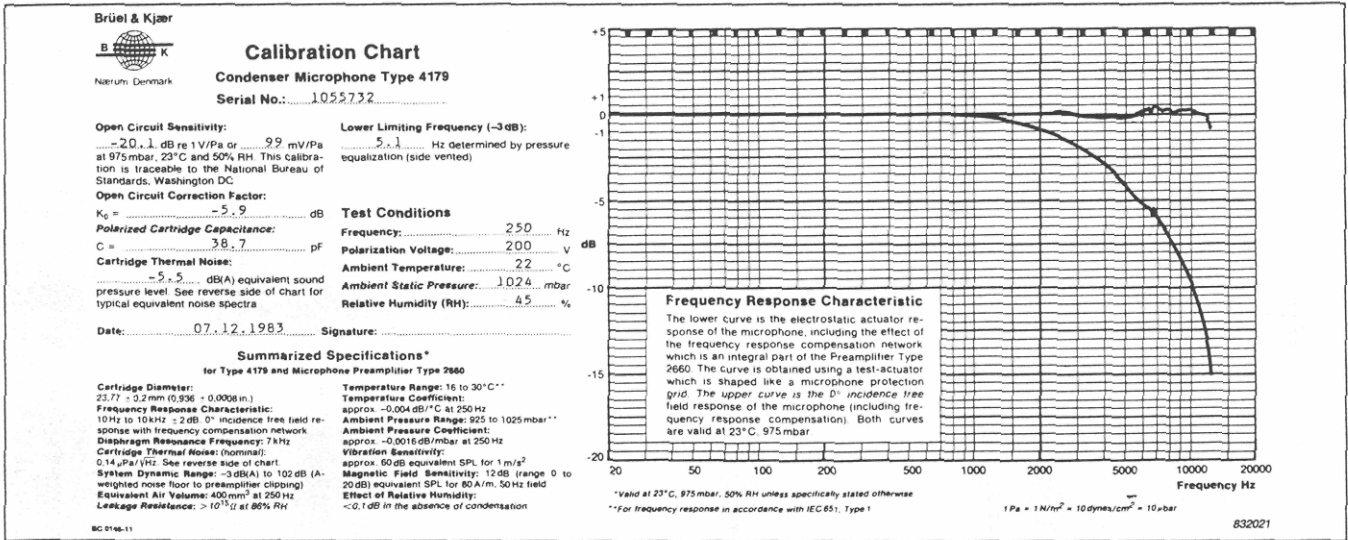


Рис. 4. Образец индивидуального калибровочного паспорта конденсаторного микрофона 4179

2660 с микрофонами диаметром 1/4 и 1/8 дюйма, поставляются по особому заказу. Обозначенное «4179 + 20 дБ» положение упомянутого выше переключателя определяет используемую при совместной эксплуатации с микрофоном 4179 конфигурацию предусилителя 2660.

Предусилитель 2660 рассчитан на непосредственное соединение с измерительной, анализирующей и регистрирующей аппаратурой фирмы Брюль и Кьер, снабженной входными гнездами с 7 выводами. Входящий в комплект при поставке предусилителя 2660 переходник JE 0002 способствует его соединению с ранней аппаратурой фирмы Брюль и Кьер.

#### Частотная характеристика - индивидуальная поверка

Существенное уменьшение собственного шума конденсаторного микрофона 4179 обеспечено путем уменьшения акустического сопротивления устройства демпфирования его мембраны. Это сопровождается меньшим критическим демпфированием мембраны и присутствием резонансного пика на частоте прибл. 7 кГц. Для автоматической компенсации присутствия этого пика в предусилителе 2660 предусмотрен специальный электронный фильтр. Следовательно, общая амплитудно-частотная характеристика содержащего приборы 4179 и 2660 комплекта в условиях свободного звукового поля при падении звуковых волн под углом 0° удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым рекомендацией МЭК 651, т. 1.

Верх. предел	Искажение <3%	102 дБ
Нижний предел	Лин. 20Гц-20кГц	+26дБ
	Коррекция А	-2,5 дБ
	Узокт. (1 кГц)	-1,6 дБ
	3, 16 Гц (.1 кГц)	-34 дБ

Таблица 1. Пределы рабочего динамического диапазона содержащего конденсаторный микрофон 4179 и предусилитель 2660 комплекта

Образец индивидуального паспорта, поставляемого вместе с каждым микрофоном 4179, показан на рис. 4. Кривые амплитудно-частотной характеристики в этом паспорте составлены с учетом примененного предусилителя в предусилителе 2660 специального фильтра. Индивидуальный паспорт микрофона 4179 также содержит значения чувствительности, собственного шума и другие технические данные последнего.

Относящиеся к микрофону 4179 кривые поправки, способствующей компенсации обусловливаемого присутствием микрофона нарушения свободного звукового поля, показаны на рис. 5.

#### Динамический диапазон

Пределы рабочего динамического диапазона комплекта, содержащего конденсаторный микрофон 4179 и

Предусилитель 2660, приведены в таблице 1. Значения нижнего предела этого диапазона соответствуют порогу собственного шума с учетом широких и узких частотных полос используемой совместно аппаратуры, а значение верхнего предела отнесено к максимальному искажению 3%. Нужно подчеркнуть, что относящиеся к полосам шириной 1/3 октавы и 3,16 Гц значения в таблице 1 действительны лишь на частоте 1 кГц. Соответствующие третьоктавные спектры показаны на рис. 3.

Превышение максимально допустимого значения отдаваемого предусилителем 2660 тока сопровождается искажением формы волны выходного сигнала. При совместной эксплуатации с микрофоном 4179 равное 0,25 В (СКЗ) напряжение входного сигнала предусилителя 2660 соответствует максимальному значению уровня звуко-

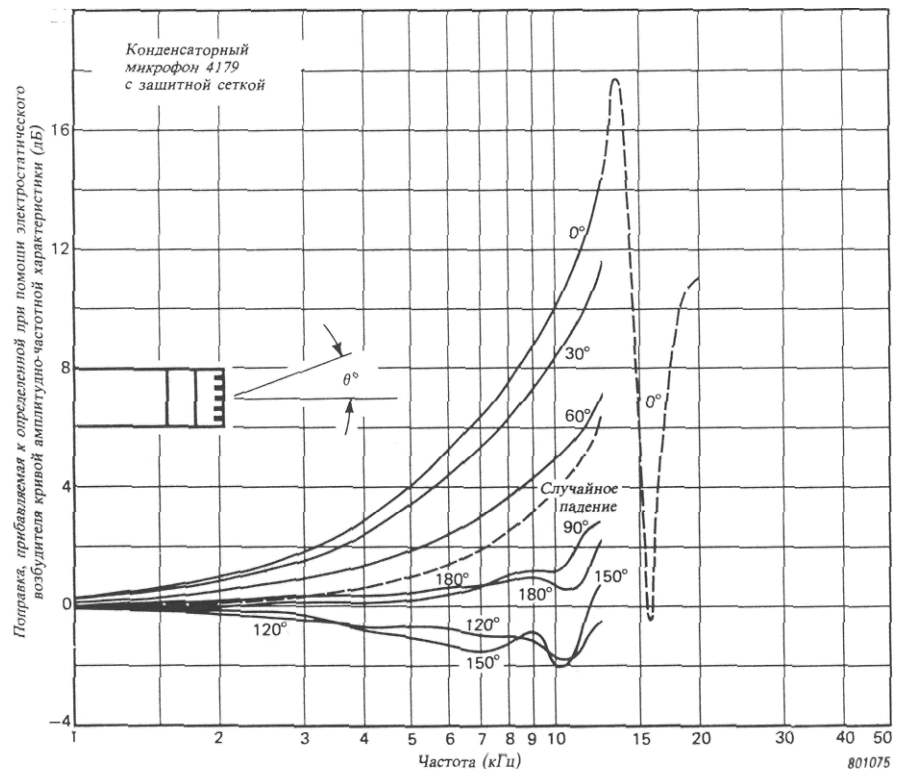


Рис. 5. Кривые поправки на свободное звуковое поле конденсаторного микрофона 4179

вого давления, т.е. 102 дБ (СКЗ) или 105 дБ (пиковое значение) отн. 20 мкПа. Отметим, что влиянием обусловленной соединительными кабелями емкостной нагрузки на выходе предусилителя 2660 можно пренебречь.

### Условия окружающей среды

Изменения температуры и давления окружающей среды являются причиной изменений общей амплитудно-частотной характеристики содержащего микрофон 4179 и предусилитель 2660 комплекта. Соответствие предъявляемым рекомендацией МЭК 651, т. 1, требованиям сохранено в диапазонах от +16 до +30°C и от 925 по 1025 мбар. Кривые на рис. 6 показывают изменения чувствительности содержащего приборы 4179 и 2660 комплекта в области высоких частот, обусловленные происходящими в упомянутых пределах изменениями температуры и давления окружающей среды. При соответствующем увели-

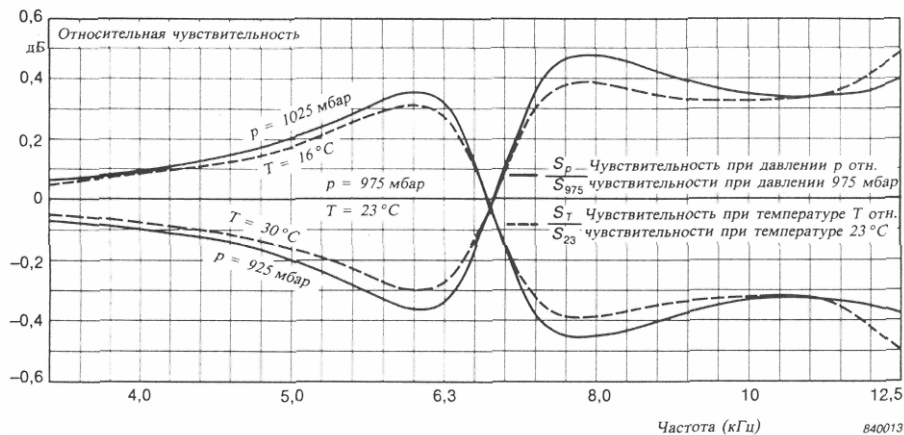


Рис. 6. Кривые зависимости чувствительности конденсаторного микрофона 4179 от изменений температуры и давления окружающей среды. Путем экстраполяции можно определить (с повышенной погрешностью) изменения чувствительности микрофона 4179 в простирающихся от -10 до +50°C и от 800 до 1040 мбар диапазонах изменений температуры и давления

чения допусков возможна эксплуатация в простирающихся от -10 до +50°C и от 800 до 1040 мбар диапазонах температуры и давления окру-

жающей среды.

Диапазон рабочих температур предусилителя 2660 простирается от -20 до +60°C.

## Конденсаторный микрофон 4179 и предусилитель 2660

**Примечание:** Приведенные ниже технические данные действительны при совместной эксплуатации предусилителя 2660 с конденсаторным микрофоном 4179. Относящиеся к совместной работе с другими конденсаторными микрофонами данные даются в общем справочном листе микрофонных предусилителей 2633, 2639, 2645 и 2660.

Пока не указаны другие условия окружающей среды, технические данные конденсаторного микрофона 4179 действительны при температуре +23°C, давлении 975 мбар и относительной влажности 50%.

**ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА\*:** (свободное звуковое поле, угол падения звуковых волн 0°, в соответствии с рекомендацией МЭК 651, т. 1, см. также рис. 4)  
14 Гц - 4 кГц ± 1 дБ"  
10 Гц - 10 кГц ± 2 дБ"  
7 Гц - 12,5 кГц +2, -3 дБ"

**Нижний предел рабочего частотного диапазона микрофона 4179:**

5 - 7 Гц (точка -3 дБ), значение определено параметрами устройства для выравнивания статического давления (отверстие сборки корпуса)

### ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ:

**Комплект:** ном. 1 В/Па (0 дБ отн. 20 мкПа)  
**Микрофон 4179\*:** ном. 100 мВ/Па на частоте 250 Гц  
Коэффициент усиления предусилителя 2660: 20 дБ ± 0,1 дБ

### СОБСТВЕННЫЙ ШУМ:

**Тепловой шум микрофона 4179:** 0,14 мкПа/√Гц  
Коррекция А\*: -5,5 дБ(А) вкл. R<sub>a</sub>\*\*  
Лин. 20 Гц - 20 кГц; -3,5 дБ вкл. R<sub>a</sub>\*\*  
**Отнесенный ко входу эквивалентный шум предусилителя 2660:** ном. 1,1 мкВ (коррекция А, емкость 50 пФ на входе)  
**Общий шум комплекта:** (см. рис. 3)  
Коррекция А: -2,5 дБ(А)  
Лин. 20 Гц - 20 кГц; 2,6 дБ

### ВХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРЕДУСИЛИТЕЛЯ 2660:

**Входной импеданс:** 36 ГОМ[  
**Максимальное напряжение входного сигнала;** 0,25 В (СКЗ)

### ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРЕДУСИЛИТЕЛЯ 2660:

**Выходное сопротивление:** 50 Ом  
**Максимальное напряжение выходного сигнала:** 2,5 В (СКЗ, синусоидальный сигнал, без нагрузки)  
**Максимальный выходной ток:** 7 мА (пиковое значение)

### ВЕРХНИЙ ПРЕДЕЛ РАБОЧЕГО ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА:

**Предел искажения разомкнутой цепи микрофона 4179:** <3% на уровне 140 дБ отн. 20 мкПа (частота 100 Гц)

**Предел безопасности:** 154 дБ (пиковое значение)

**Комплект:** 102 дБ отн. 20 мкПа

### ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К МЕХАНИЧЕСКИМ КОЛЕБАНИЯМ:

**Микрофон 4179:** 20 мПа/м.с.<sup>-2</sup> или 60 дБ (эквивалентный УЗД, частота < 1 кГц) на 1 м/с  
**Предусилитель 2660:** 400 мкВ/м.с.<sup>-2</sup> или 46 дБ (эквивалентный УЗД) на 1 м/с<sup>2</sup>

### ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К МАГНИТНЫМ ПОЛЯМ:

**Микрофон 4179:** ном. 12 дБ (диапазон 0 - 20 дБ) (эквивалентный УЗД, напряженность поля 80 А/м, частота 50 Гц)  
**Предусилитель 2660:** 4 мкВ или 6 дБ (эквивалентный УЗД, напряженность поля 80 А/м, частота 50 Гц)

### ДИАПАЗОН РАБОЧИХ ТЕМПЕРАТУР:

**Предусилитель 2660:** -20 - +60°C  
**Микрофон 4179:** +16 - +30°C\*\*\* (-10 - +50 °C при увеличении допусков)  
**Температурный коэффициент микрофона 4179:** -0,004 дБ/°C (частота 250 Гц, среднее значение в диапазоне -10 - +50°C)

### ДИАПАЗОН ДАВЛЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ:

625 - 1025 мбар\*\*\* (800 - 1040 мбар при увеличении допусков)

**Барометрический коэффициент микрофона 4179:** -0,0016 дБ/мбар (частота 250 Гц)

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МИКРОФОНА 4179т

**Резонансная частота:** 7 кГц

**Поляризационное напряжение:** 200 В постоянного тока

**Емкость поляризованного капсуля<sup>1</sup>:** 40 лФ (частота 250 Гц)

**Эквивалентный объем воздуха:** 400 мм<sup>3</sup> (частота 250 Гц)

**Чувствительность к изменениям влажности:** < 0,1 дБ в отсутствие конденсации влаги

**Долговременная стабильность:** > 250 лет/дБ (температура +20°C)

### ПИТАНИЕ:

См. наименование и назначение отдельных выводов (вид со стороны пайки выводов штепселя JP0715)



### РАЗМЕРЫ:

**Микрофон 4179:** диаметр 23,77 мм, длина 25 мм (с защитной сеткой), длина 23 мм (без защитной сетки)

**Соединительные резьбы:** 23,1 J - 60 UNS (унифицированная специальная резьба)

**Входной каскад предусилителя 2660:** диаметр 12,7 мм, длина 83 мм

**Выходной каскад предусилителя 2660:** диаметр 25 мм, длина 175 мм

### ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ПРЕДУСИЛИТЕЛЯ 2660:

Входной переходник (1 шт).....JJ2617  
Переходник (1 шт).....DB0375  
Переходник (1 шт).....JE0002

### ПРИНАДЛЕЖНОСТИ МИКРОФОНА 4179:

Противопыльный колпак (1 шт).....DZ9025

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ:

Ветрозащитный колпак UA 0207 (набор, 6 шт).....UA0253  
Измерительный усилитель.....2610/2636  
Удлинительный кабель.....АОQ027/28/29  
Плоский кабель.....AR0001

Индивидуально определенные и приведенные в паспорте данные.

\* С предусмотренным для компенсации специальным фильтром предусилителя 2660.

\*\*\* Для сохранения условий, соответствия параметров рекомендации МЭК 651, т. 1.