
**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРИБОРОВ
И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МЕТОДИК**

УДК 544. 638+534.1

© С. П. Дмитриев, В. Е. Курочкин, Б. П. Шарфарец, 2021

**К ВОПРОСУ О ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МИКРОФОНА
НОВОГО ТИПА**

Предложен микрофон нового типа, одной из отличительных черт которого является переменная чувствительность, зависящая от величины постоянного электрического напряжения накачки. Кроме того, создано согласующее устройство (медиатор), позволяющее значительно увеличивать чувствительность микрофона. В процессе экспериментов подтверждено значительное увеличение чувствительности как вследствие электрической накачки, так и вследствие применения медиатора. В ходе экспериментов получена величина чувствительности микрофона, равная 1990.5 мВ/Па при накачке 1000 В.

Кл. сл.: микрофон, напряжение накачки, медиатор, чувствительность микрофона, внешние шумы помех

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа является продолжением цикла работ авторов, посвященных электроакустическим и акустоэлектрическим преобразователям нового типа (см., например, работы [1–4] и целый ряд других работ). Основное внимание в работе уделяется согласованию преобразующей части микрофона с регистрирующей аппаратурой при приеме звука. Основные принципы преобразования акустического поля в электрический сигнал описаны, например, в работе [3] и в ряде других работ авторов, находящихся в печати. Существенное значение в эффективности работы рассматриваемого преобразователя имеет использование при приеме режима накачки, описанного, видимо, впервые в работе [5].

Работа рассматриваемого микрофона основана на том, что его устройство позволяет преобразовывать стороннее акустическое давление в разность потенциалов на электродах, внутри которых находится пористая среда (его устройство описано, например, в [3]). Основной проблемой при реализации такого микрофона является его согласование с регистрирующим устройством, в качестве которого в настоящей работе служил спектроанализатор марки Agilent, а также необходимость подавления сторонних помех.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Задачей работы является создание согласующего устройства (называемого далее медиатором) между собственно акустоэлектрическим преобразователем и регистрирующим устройством с целью подавления сторонних помех и в конечном

итоге повышения чувствительности описываемого преобразователя. Кроме того, важным является определение чувствительности созданного приемного устройства.

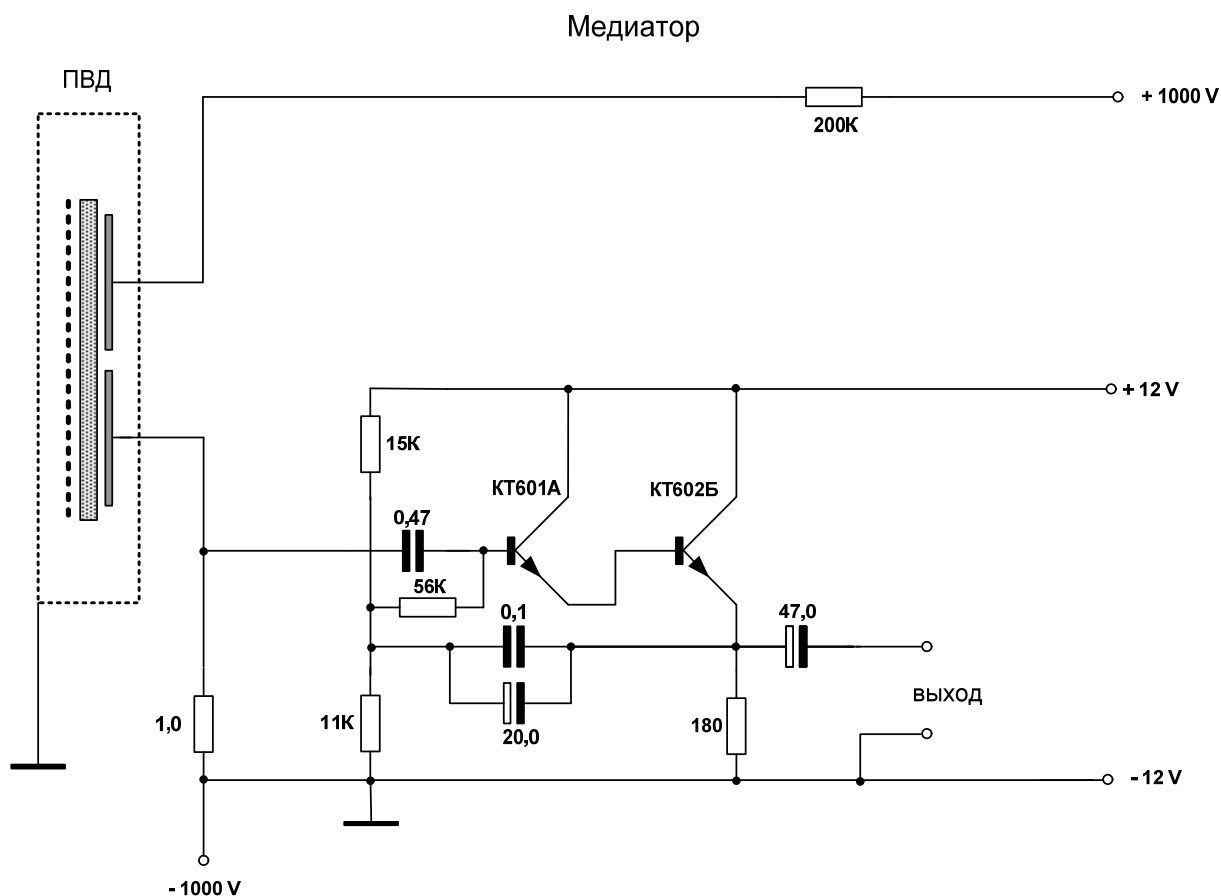
РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Для решения поставленной проблемы был создан и апробирован трансформатор сопротивлений (медиатор), принципиальная электрическая схема которого изображена на приведенном рисунке.

Основные технические характеристики медиатора:

Входное сопротивление устройства не менее 0.5 МОм, выходное сопротивление не более 20 Ом, коэффициент передачи около 0.98. Частотная характеристика устройства практически равномерна в диапазоне от 20 Гц до 2–2.5 МГц, при дальнейшем увеличении частоты наблюдается медленный спад коэффициента передачи до величины 0.7 на частоте 10 МГц. В устройстве применены транзисторы с h -параметрами: 1-й — $h_{21э} = 100$ и 2-й — $h_{21э} = 75$. Медиатор получает питание от стандартного адаптера с выходным напряжением 12 В, потребляемый ток около 20 мА. Для получения необходимого коэффициента передачи тока применен составной транзистор (при указанных величинах передачи тока не менее 7000).

С целью уменьшения помех медиатор, приемник воздушного давления (ПВД), источники электропитания, все соединительные провода помещены в экранирующие элементы. Кроме того, на ПВД предусмотрена возможность подачи постоянного напряжения до 1000 В для демонстрации влияния накачки постоянным напряжением на величину чувствительности ПВД.



Принципиальная электрическая схема микрофона и согласующего устройства

ЭКСПЕРИМЕНТ

Условия эксперимента

Для определения характеристик микрофона был проведен ряд экспериментов. Со звукового генератора на динамик (источник звукового поля) подавалось напряжение частотой 1000 Гц (при измерении чувствительности микрофонов обычно используется именно эта частота). Звуковое давление с динамика поступало на апертуру микрофона. Электрическое напряжение с выхода микрофона подавалось на спектроанализатор, на котором наряду с широкополосными шумами, сопровождающими эксперимент, фиксировалась величина дискретной составляющей в децибелах на частоте 1000 Гц, поступающей с микрофона.

Чувствительность без напряжения накачки

В условиях отсутствия накачки определялся уровень давления на плоскости микрофона $p_{дБ}$, при котором спектроанализатором надежно иден-

тифицировался сигнал отклика микрофона, на 3–4 дБ превышающий уровень шумов. При этом уровень акустического давления на апертуре микрофона составил 70 дБ (или, как показано в Приложении, по (П3) $p = 0.0632$ Па).

Чувствительность с напряжением накачки

$$U_{нак} = 1000 \text{ В}$$

При накачке при тех же условиях определения наличия сигнала отклика микрофона в 3–4 дБ превышения уровня шумов порог чувствительности по давлению составил 48 дБ, что соответствует величине порогового давления $p = 0.005024$ Па.

В обоих случаях выходное напряжение с микрофона составило 10 мВ. Чувствительность микрофона (ф-ла (П4) Приложения) в мВ/Па составила в условиях без накачки $S = 158.1$ мВ/Па и $S = 1990.5$ мВ/Па с накачкой. В единицах дБ чувствительность (по (П6)) составила соответственно $L = -16$ дБ без накачки и $L = 6$ дБ с накачкой.

кой, что составило различие в 22 дБ или в линейном масштабе означает, что в 12 раз чувствительность с накачкой превышает чувствительность без накачки.

Здесь для сравнения приведем данные из источника [6] (статья "Микрофон" в Википедии). Наилучшие показатели чувствительности из многих типов микрофонов, согласно [6], имеет угольный микрофон. Чувствительность такого микрофона составляет до 1000 мВ/Па при рабочей частоте 300–3400 Гц. Следом идет пьезоэлектрический микрофон с чувствительностью 50 мВ/Па, с диапазоном 100–5000 Гц. Конденсаторный микрофон расположен на третьем месте и имеет чувствительность 5 мВ/Па с диапазоном 30–15 000 Гц. Как видно, в режиме накачки рассматриваемый микрофон почти вдвое превосходит по чувствительности угольный микрофон.

ВЫВОДЫ

В результате проведенной работы создан медиатор, позволяющий достигать значительных уровней чувствительности предложенного авторами микрофона. Отметим также влияние накачки, позволяющей значительно (согласно приведенным данным экспериментов — в 12 раз) повышать чувствительность микрофона.

Работа выполнена в ИАП РАН в рамках Государственного задания 075-00780-20-00 по теме № 0074-2021-0013 Министерства науки и высшего образования.

ПРИЛОЖЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РАБОТЕ

Калибровка анализатора

(определение опорного напряжения, относительно которого рассчитывается децибелльная шкала анализатора)

1. На спектроанализатор со звукового генератора подается электрический сигнал напряжением $U_{зг}$, В.

2. На спектроанализаторе измеряется его уровень в дБ — $U_{зг дБ}$.

Таблица измерений U_0

Напряжение звукового генератора $U_{зг}$, В	1.5	2	2.5	3	4.5	5
Калибровочное (опорное) напряжение U_0 , В	1.06	1.12	0.995	1.06	1.13	0.99

3. В предположении, что уровень в вольтах U_0 , относительно которого вычисляется уровень в дБ на спектроанализаторе (опорное напряжение), получаем

$$U_{зг дБ} = 20 \lg(U_{зг} / U_0).$$

Отсюда имеем для уровня опорного напряжения спектроанализатора U_0

$$U_{зг дБ} / 20 = \lg(U_{зг} / U_0), \quad \frac{U_{зг}}{U_0} = 10^{U_{зг дБ} / 20},$$

$$\text{или } U_0 = \frac{U_{зг}}{10^{U_{зг дБ} / 20}}. \quad (\text{П1})$$

Для получения величины U_0 из (П1) были проведены следующие измерения. На спектроанализатор последовательно подавалось измеренное вольтметром напряжение звукового генератора (величины представлены в верхней строке таблицы), а по выражению (П1) вычислялось соответствующее ему опорное напряжение U_0 (нижняя строка таблицы).

Как видно из таблицы, величина опорного напряжения U_0 варьируется относительно значения $U_0 = 1$ В с некоторой погрешностью. Это связано с влиянием помех и неточностью измерений величин $U_{зг}$ и $U_{зг дБ}$ соответственно спектроанализатором и вольтметром. Таким образом, величина опорного напряжения спектроанализатора была принята равной $U_0 = 1$ В.

Уровень выходного напряжения с микрофона

После определения опорного напряжения спектроанализатора легко определить амплитуду выходного напряжения гидрофона U на заданной частоте по его считанному с экрана анализатора значению в дБ — $U_{\Sigma дБ}$. Величина $U_{\Sigma дБ}$ определяется путем суммирования значения в дБ, соответствующего нижней границе децибелльной шкалы экрана $U_{0 дБ}$ (устанавливается в настройках спектроанализатора), и собственно значения уровня

спектра в дБ на экране анализатора $U_{\text{дБ}}$:
 $U_{\Sigma\text{дБ}} = U_{0\text{дБ}} + U_{\text{дБ}}$.

По определению, величина $U_{\Sigma\text{дБ}}$ равна

$$U_{\Sigma\text{дБ}} = 20 \lg \frac{U}{U_0}.$$

Отсюда получаем

$$U = U_0 10^{\frac{U_{\Sigma\text{дБ}}}{20}}, \text{ В.}$$

Здесь U_0 определено выше из (П1). Учитывая, что в нашем случае $U_0 = 1 \text{ В}$, получаем окончательно в милливольтках

$$U = 1000 \cdot 10^{\frac{U_{\Sigma\text{дБ}}}{20}}, \text{ мВ.} \quad (\text{П2})$$

Уровень звукового давления

Измеренное в логарифмических единицах $p_{\text{дБ}}$ [дБ] значение звукового давления p , Па, отнесенное к опорному давлению $p_0 = 20 \text{ мкПа}$, соответствующему порогу слышимости синусоидальной звуковой волны частотой 1 кГц, равно:

$$p_{\text{дБ}} = 20 \lg \frac{p}{20 \mu\text{Па}} = 20 \lg \frac{p}{p_0} \text{ [дБ]}.$$

Обычно измерение уровня $p_{\text{дБ}}$ в децибелах осуществляется стандартными шумомерами. Отсюда для перевода в Па измеренного в дБ уровня давления обращают предыдущее выражение

$$p = p_0 \cdot 10^{p_{\text{дБ}}/20} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{p_{\text{дБ}}/20} \text{ Па.} \quad (\text{П3})$$

Чувствительность микрофона

Чувствительность микрофона S определяется отношением напряжения на выходе микрофона в мВ к звуковому давлению p в Па на микрофоне, как правило, в свободном звуковом поле [1], т.е. при отсутствии влияния отражающих поверхностей. При распространении синусоидальной звуковой волны в направлении рабочей оси микрофона эта чувствительность называется осевой чувствительностью:

$$S = \frac{U}{p}, \text{ мВ/Па.} \quad (\text{П4})$$

В (П4) величина U вычисляется из выражения (П2), а величина p — из (П3). Поэтому окончательно имеем

$$S = \frac{U}{p} = \frac{1000 \cdot 10^{\frac{U_{0\text{дБ}} + U_{\text{дБ}}}{20}}}{2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{p_{\text{дБ}}/20}}. \quad (\text{П5})$$

В децибелах чувствительность микрофона определяется как 20 десятичных логарифмов отношения реальной чувствительности S к чувствительности $S_0 = 1 \text{ В/Па}$. Вычисление выполняется

с помощью функции $L = 20 \lg \frac{S}{S_0}$, дБ, где

S , мВ/Па, — реальная чувствительность микрофона; $S_0 = 1 \text{ В/Па}$ (или 1000 мВ/Па). Окончательно

$$L = 20 \lg \frac{S}{1000}, \text{ дБ.} \quad (\text{П6})$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарфарец Б.П., Дмитриев С.П. Моделирование турбулентного движения жидкости на основе гипотезы Буссинеска. Обзор // Научное приборостроение. 2018. Т. 28, № 3. С. 101–108. URL: <http://iairas.ru/mag/2018/abst3.php#abst13>
2. Шарфарец Б.П., Курочкин В.Е., Сергеев В.А., Дмитриев С.П., Телятник С.Г. Об электроакустическом преобразователе, основанном на использовании электрокинетических явлений // Труды всероссийской акустической конференции. СПб.: Политехпресс, 2020. С. 445–450.
3. Шарфарец Б.П. Реализация приемной антенны на механизме электрокинетического явления "потенциал течения" // Научное приборостроение. 2019. Т. 29, № 2. С. 103–108. URL: <http://iairas.ru/mag/2019/abst2.php#abst13>
4. Дмитриев С.П., Курочкин В.Е., Шарфарец Б.П. Об усовершенствовании математической модели электроакустического преобразователя при условии тонкого двойного слоя в пористой структуре тела преобразователя // Научное приборостроение. 2021. Т. 31, № 2. С. 44–51.
5. Shishov S.V., Andrianov S.A., Dmitriev S.P., Ruchkin D.V. Method of converting electric signals in to acoustics oscillations and an electric gas-kinetic transducer. United States Patent # US 8,085,957, B2 Dec. 27, 2011.
6. Википедия: Микрофон. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%BE%D0%BD#>

ООО "Биопродукт", Москва (Дмитриев С.П.)

Институт аналитического приборостроения РАН, Санкт-Петербург (Курочкин В.Е., Шарфарец Б.П.)

Контакты: Шарфарец Борис Пинкусович, sharb@mail.ru

Материал поступил в редакцию 07.04.2021

ON THE QUESTION OF THE SENSITIVITY OF A NEW TYPE OF MICROPHONE

S. P. Dmitriev¹, V. E. Kurochkin², B. P. Sharfarets²

¹*Bioproduct Ltd, Moscow, Russia*

²*Institute for Analytical Instrumentation of RAS, Saint Petersburg, Russia*

A new type of microphone is proposed, one of the distinguishing features of which is a variable sensitivity, which depends on the magnitude of the constant electric pumping voltage. In addition, a matching device (mediator) has been created that allows to significantly increase the sensitivity of the microphone. In the course of experiments, a significant increase in sensitivity was confirmed, both due to a charge pump and the use of a mediator. In the course of the experiments, the microphone sensitivity was obtained equal to 1990.5 mV / Pa at 1000 V pumping.

Keywords: microphone, pump voltage, mediator, microphone sensitivity, external noise interference

INTRODUCTION

This work is a continuation of a series of works published by the authors and devoted to electroacoustic and acoustoelectric transducers of a new type (for example, [1–4] and a number of other works). The main attention in the work is paid to the matching a microphone converting part with the recording equipment when receiving sound. The basic principles of converting an acoustic field into an electrical signal are described, for example, in [3] and in a number of other works in print. Of significant importance in the efficiency of the converter under consideration is the use of the pumping mode when receiving a signal, apparently described for the first time in [5].

The operation of the microphone under consideration is based on the fact that the device allows converting external acoustic pressure into a potential difference between the electrodes, inside which there is a porous medium (its lay-out is described, for example, in [3]). The main problems in the implementation of such a microphone is matching with a data logger (an Agilent spectrum analyzer in this work) as well as a need to suppress background interference.

FORMULATION OF THE PROBLEM

The aim of the work is to create a matching device (hereinafter referred to as a mediator) between an acoustoelectric transducer itself and a data logger (recording unit) in order to suppress extraneous interference and, ultimately, increase the sensitivity of the described transducer. In addition, it is important to determine the sensitivity of the created receiving device.

SOLUTION TO THE PROBLEM

To solve this problem, a resistance transformer (mediator) was created and tested, the schematic diagram of which is shown in the figure below.

Main technical characteristics of the mediator

The input impedance of the device is not less than 0.5 MΩ, the output impedance is not more than 20 Ω, the transmission coefficient is about 0.98. The frequency response of the device is practically uniform in the range from 20 Hz to 2–2.5 MHz, with a further increase in frequency a slow decrease in the transmission coefficient to 0.7 at a frequency of 10 MHz is observed. The device uses transistors with h -parameters: 1 — $h_{213} = 100$ and 2 — $h_{213} = 75$. The mediator is powered from a standard adapter with an output voltage of 12 V, the current consumption is about 20 mA. To obtain the required current transfer ratio, a composite transistor is used (in terms of the indicated current transfer values — at least 7000).

In order to reduce interference, the mediator, pitot-static system (PSS/ПВД in Fig.), power supplies, all connecting wires are placed in shielding elements. In addition, the PSS can be supplied with a constant voltage up to 1000 V to demonstrate the effect of constant voltage pumping on the sensitivity of the PSS.

EXPERIMENT

Experimental conditions

A number of experiments were carried out to determine the characteristics of the microphone. A voltage of 1000 Hz frequency was applied to the speaker (sound field source) from the sound generator (this frequency is usually used when measuring the sensitivity of microphones). The sound pressure from the speaker was applied to the microphone aperture. The electric voltage from the output of the microphone was fed to a spectrum analyzer, on which, along with the broadband noise accompanying the experiment, the value of the discrete component in decibels at a frequency of 1000 Hz, coming from the microphone, were recorded.

Fig. Schematic diagram of microphone and matching device

Sensitivity without pump voltage

In the absence of pumping, the pressure level on the plane of the microphone $p_{\text{дБ}}$ was determined. The sought level was that at which the spectrum analyzer could reliably identify the response signal of the microphone by 3–4 dB above the noise level. In this case, the level of acoustic pressure at the microphone aperture was 70 dB (or, as shown in the Appendix, $p = 0.0632$ Pa according to (A3).

Sensitivity with pump voltage

$$U_{\text{нак}} = 1000 \text{ B}$$

In terms of pumping and determining the microphone response signal exceeding the noise level by 3–4 dB, the pressure sensitivity threshold was 48 dB, which corresponds to the value of the threshold pressure $p = 0.005024$ Pa.

In both cases, the output voltage from the microphone was 10 mV. The sensitivity of the microphone (formula (A4) of the Application) was $S = 158.1$ mV/Pa in conditions without pumping and $S = 1990.5$ mV/Pa with pumping. In units of dB, the sensitivity (according to (A6)) was, respectively, $L = -16$ dB without pumping and $L = 6$ dB with pumping, which amounted to a difference of 22 dB, or on a linear scale means that the sensitivity with pumping is 12 times higher than the sensitivity without pumping.

Here, for comparison, we present data from the source [6] (article "Microphone" in Wikipedia). The best sensitivity of many types of microphones, according to [6], has a carbon microphone. The sensitivity of such a microphone is up to 1000 mV/Pa at an operating frequency of 300–3400 Hz. Next comes a piezoelectric microphone with a sensitivity of 50 mV/Pa with a range of 100–5000 Hz. The condenser microphone is in third place and has a sensitivity of 5 mV/Pa with a range of 30–15000 Hz. As you can see, in the pumping mode, the considered microphone is almost twice as sensitive as the carbon microphone.

CONCLUSIONS

As a result of the work carried out, a mediator has been created, which makes it possible to achieve significant levels of sensitivity of the microphone, proposed by the authors. We also note the effect of pumping, which makes it possible to significantly (according to the presented experimental data, in 12 times) increase the sensitivity of the microphone.

The work was carried out at the Institute for Analytical Instrumentation of the Russian Academy of Sciences within the framework of the State Assignment 075-00780-20-00 on topic No. 0074-2021-0013 of the Ministry of Science and Higher Education.

ATTACHMENT.

BASIC EXPRESSIONS USED IN WORK

Analyzer calibration

(determination of the reference voltage, relative to which the decibel scale of the analyzer is calculated)

1. An electrical signal of $U_{\text{зг}}$, V voltage is supplied to the spectrum analyzer from the sound generator.
2. The spectrum analyzer measures this signal level $U_{\text{зг дБ}}$, dB.
3. Assuming that the level in volts relative to which the level in dB is measured by the spectrum analyzer (reference voltage), we obtain

$$U_{\text{зг дБ}} = 20 \lg(U_{\text{зг}} / U_0).$$

Thus, we have for the level of the reference voltage of the spectrum analyzer U_0

$$U_{\text{зг дБ}} / 20 = \lg(U_{\text{зг}} / U_0), \quad \frac{U_{\text{зг}}}{U_0} = 10^{U_{\text{зг дБ}} / 20},$$

$$\text{or } U_0 = \frac{U_{\text{зг}}}{10^{U_{\text{зг дБ}} / 20}}. \quad (\text{A1})$$

To obtain the value U_0 from (A1), the following measurements were carried out. The voltage of the sound generator measured by a voltmeter was sequentially applied to the spectrum analyzer (the values are presented in the upper row of the table), and the corresponding reference voltage U_0 (the lower row of the table) was calculated using expression (A1).

As can be seen in the table, the value of the reference voltage U_0 varies relative to the value of $U_0 = 1$ V with some error. This is due to the influence of noise and inaccuracy of measurements of values $U_{\text{зг}}$ and $U_{\text{зг дБ}}$ by, accordingly, a spectrum analyzer and a voltmeter. Thus, the value of the reference voltage of the spectrum analyzer was taken equal to $U_0 = 1$ V.

Microphone output voltage level

After determining the reference voltage by the spectrum analyzer, it is easy to determine the amplitude of the output voltage of the hydrophone U at

a given frequency due to $U_{\Sigma \text{дБ}}$ value (the analyzer screen readings in dB). The value $U_{\Sigma \text{дБ}}$ is determined by summing the value in dB, corresponding to the lower boundary of the decibel scale of the screen $U_{0 \text{дБ}}$ (set in the settings of the spectrum analyzer), and the actual spectrum level value in dB $U_{\text{дБ}}$ shown on the analyzer screen: $U_{\Sigma \text{дБ}} = U_{0 \text{дБ}} + U_{\text{дБ}}$

By definition, the value $U_{\Sigma \text{дБ}}$ is equal to

$$U_{\Sigma \text{дБ}} = 20 \lg \frac{U}{U_0}.$$

Hence we get

$$U = U_0 10^{\frac{U_{\Sigma \text{дБ}}}{20}}, \text{ V}$$

Here U_0 is defined above from (A1). In respect that in our case $U_0 = 1 \text{ V}$, we finally get the result in millivolts

$$U = 1000 \cdot 10^{\frac{U_{\Sigma \text{дБ}}}{20}}, \text{ mV}. \quad (\text{A2})$$

Sound pressure level

Measured in logarithmic units $p_{\text{дБ}}$ [dB] the value of the sound pressure p , Pa, referred to the reference pressure $p_0 = 20 \text{ } \mu\text{Pa}$, corresponding to the hearing threshold of a sinusoidal sound wave with a frequency of 1 kHz, is equal to:

$$p_{\text{дБ}} = 20 \lg \frac{p}{20 \mu \text{Па}} = 20 \lg \frac{p}{p_0} [\text{dB}].$$

Usually, the level $p_{\text{дБ}}$ measurement in decibels is carried out by standard sound level meters. Hence, to convert the pressure level measured in dB to Pa, the previous expression is reversed

$$p = p_0 \cdot 10^{p_{\text{дБ}}/20} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{p_{\text{дБ}}/20} \text{ Pa}. \quad (\text{A3})$$

Microphone sensitivity

Microphone sensitivity S is determined by the ratio of the microphone output voltage in mV to sound pressure p in Pa on a microphone, as a rule, in a free sound field [1], i.e. in the absence of the influence of reflective surfaces. When a sinusoidal sound wave propagates in the direction of the microphone principal axis, this sensitivity is called axial sensitivity:

$$S = \frac{U}{p}, \text{ mV / Pa}. \quad (\text{A4})$$

In (A4), the value U is calculated from the expression (A2), and the value p — from (A3). Therefore, we finally have

$$S = \frac{U}{p} = \frac{1000 \cdot 10^{\frac{U_{0 \text{дБ}} + U_{\text{дБ}}}{20}}}{2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{p_{\text{дБ}}/20}}. \quad (\text{A5})$$

In decibels, the microphone sensitivity is defined as 20 decimal logarithms of the ratio of the usable sensitivity S to the sensitivity $S_0 = 1 \text{ V / Pa}$. Calculation is performed using the function $L = 20 \lg \frac{S}{S_0}$,

dB, where S , mV / Pa is the usable sensitivity of the microphone; $S_0 = 1 \text{ V / Pa}$ (or 1000 mV / Pa). Finally

$$L = 20 \lg \frac{S}{1000}, \text{ dB}. \quad (\text{A6})$$

REFERENCES

1. Sharfarets B.P., Dmitriev S.P. [Modeling of turbulent fluid motion based on the Boussinesq hypothesis. Overview]. *Nauchnoe Priborostroyeniye* [Scientific Instrumentation], 2018, vol. 28, no. 3, pp. 101–108. DOI: 10.18358/np-28-3-i101108 (In Russ.).
2. Sharfarets B.P., Kurochkin V.E., Sergeev V.A., Dmitriev S.P., Telyatnik S.G. [About electroacoustic transducer based on the use of electro-kinetic phenomena]. *Trudy vserossiyskoy akusticheskoy konferentsii* [Works of the All-Russian Acoustic Conference], Saint Petersburg, Politechpress Publ., 2020, pp. 445–450. (In Russ.).
3. Sharfarets B.P. [Implementation of receiving antenna using mechanism of electrokinetic phenomenon "flow potential"]. *Nauchnoe Priborostroyeniye* [Scientific Instrumentation], 2019, vol. 29, no. 2, pp. 103–108. DOI: 10.18358/np-29-2-i103108 (In Russ.).
4. Dmitriev S.P., Kurochkin V.E., Sharfarets B.P. [On the improvement of the mathematical model of the electroacoustic transducer under the condition of a thin double layer in the porous structure of the transducer body]. *Nauchnoe Priborostroyeniye* [Scientific Instrumentation], 2021, vol. 31, no. 2, pp. 44–51. (In Russ.).
5. Shishov S.V., Andrianov S.A., Dmitriev S.P., Ruchkin D.V. *Method of converting electric signals in to acoustics oscillations and an electric gas-kinetic transducer*. United States Patent # US 8,085,957, B2 Dec. 27, 2011.
6. *Wikipedia: Mikrofon* [Wikipedia: Mikrofon]. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Microphone>