

## ЛИТЕРАТУРА

1. С. И. Солуян, Р. В. Хохлов. Распространение акустических волн конечной амплитуды в диссипативной среде. Вестн. МГУ, 1961, 3, 52—61.
2. I. S. Mendousse, Nonlinear dissipative distortion on progressive sound waves of moderate amplitudes. J. Acoust. Soc. America, 1953, 25, 1, 51—54.

Институт народного хозяйства  
им. Г. В. Плеханова  
Москва

Поступило в редакцию  
30 мая 1969 г.

УДК 534.222

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ЗВУКА В ТРУБЕ РИЙКЕ

*В. Н. Марченко, В. И. Тимошенко*

Эффект Рийке известен как явление возбуждения звука в вертикальной трубе при наличии в ней воздухопрозрачного нагревателя, помещенного на расстоянии  $1/4$  длины трубы от нижнего ее конца [1]. Колебания в трубе Рийке представляют собой типичный автоколебательный процесс, энергия которого отбирается от нагревателя. Механизм обратной связи состоит в воздействии звуковых колебаний на теплоотвод от нагревателя.

В работе [2] детально исследованы зоны генерации в трубе Рийке. Ниже приводятся результаты экспериментального исследования амплитудных, частотных и временных характеристик эффекта термической генерации звука в трубе Рийке.

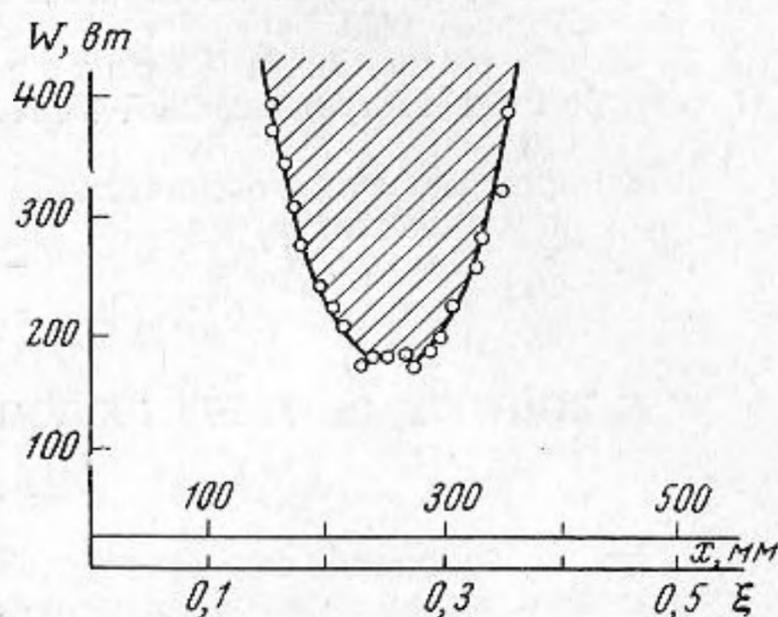
Экспериментальная установка содержит трубу, нагреватель и приемник звукового давления\*, сигнал которого усиливается селективным вольтметром В6-2 и наблюдается на осциллографе С1-4. Труба (длина  $L = 955$  мм, внешний диаметр 65 мм, толщина стенок 2,5 мм) изготовлена из плавленного кварца; термостойкость, твердость, хорошие электроизоляционные свойства и прозрачность этого материала создают ряд конструктивных удобств. Нагреватель был собран из нихромовой спирали (диаметр проволоки 0,56 мм, диаметр витка 6 мм), подвешенной в виде параллельных полос поперек трубы на тонких керамических стержнях, вставленных в кварцевое кольцо.

Как показали эксперименты, электрическая мощность, необходимая для возбуждения звука (назовем ее пороговой), зависит от положения нагревателя в трубе. График зависимости пороговой электрической мощности  $W$  нагревателя от его относительного смещения  $\xi = x/L$ , где  $x$  — положение нагревателя от нижнего края трубы, образует зону генерации (заштрихованная область на фиг. 1). Возбуждение колебаний вне этой зоны не происходит, так как не выполняется необходимое для любого генератора условие баланса амплитуд и фаз.

Как показали измерения, в спектре термической генерации присутствуют значительные по величине колебания первой (основной), второй и третьей гармоник с частотами соответственно 180, 360 и 540 гц, причем величина второй гармоники существенно изменялась при изменении положения нагревателя, что иллюстрируется кривой фиг. 2, где представлена зависимость отношения  $p_2/p_1$  звуковых давлений второй и первой гармоник у основания трубы в функции относительного смещения нагревателя  $\xi$  в пределах зоны генерации. Характер экспериментальной кривой фиг. 2 совпадает с характером изменения колебательной скорости второй гармоники вблизи расположения нагревателя, что указывает на существенную роль колебательной скорости при возбуждении звука в трубе Рийке.

В спектре частот, возбуждаемых в трубе Рийке, обнаружены также колебания с частотой, равной  $1/3$  от основной. Амплитуда субгармоники при  $\xi = 0,25$  составляет примерно 0,8 от амплитуды на основной частоте. Появление субгармоники связано, по-видимому, с нелинейностью процесса термической генерации звука.

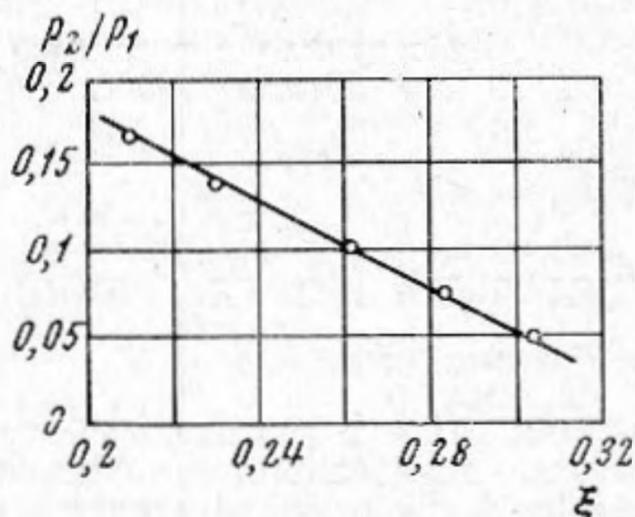
Процесс установления колебаний в трубе Рийке обладает некоторой инерционностью относительно момента подачи напряжения на нагреватель и зависит от положения последнего. Так, на фиг. 3 кривая  $I$  показывает зависимость времени  $t$  установления колебаний относительно момента подачи напряжения на нагреватель при  $W = 385$  вт от относительного смещения нагревателя. Инерционность процесса



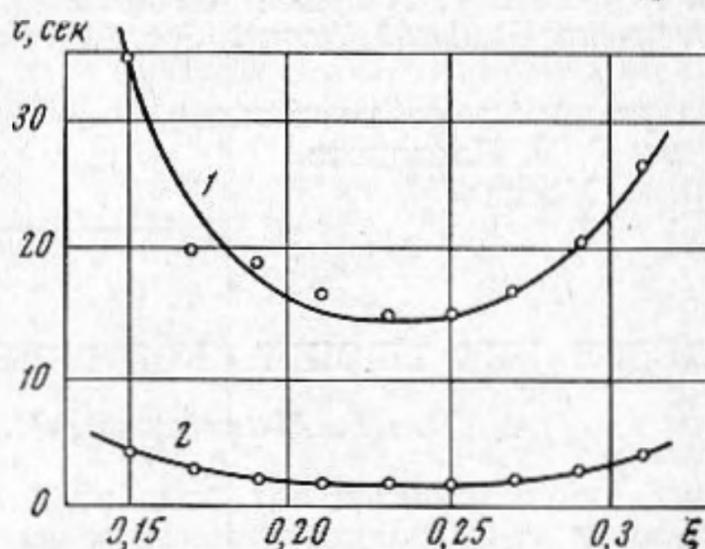
Фиг. 1

\* Сферический звукоприемник из керамики титаната бария диаметром 16 мм.

термической генерации звука связана с конечностью времени разогрева спирали и воздуха. Инерционен и процесс установления стационарного конвекционного потока. Введением специального перекрывающего клапана при условии предварительного разогрева спирали удастся снизить (фиг. 3, кривая 2) время  $t$  установления



Фиг. 2



Фиг. 3

колебаний в трубе Рийке до величины порядка 2 сек, что примерно соответствует времени установления стационарного конвекционного потока. На время установления колебаний влияет также принудительный поддув в трубе и наличие звуковых колебаний основной частоты в помещении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Н. Зарембо, В. А. Красильников. Введение в нелинейную акустику. М., «Наука», 1966.
2. И. Я. Мароне, А. А. Таракановский. Исследование возбуждения звука в трубе Рийке. Акуст. ж., 1967, 13, 2, 302, 304.

Таганрогский радиотехнический институт

Поступило в редакцию 15 января 1969 г.

УДК 534.232

### К ВОПРОСУ ОБ ИМПУЛЬСНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Ю. Е. Невский

При возбуждении преобразователей видеоимпульсами большое значение имеет правильный выбор отношения длительности видеоимпульса к периоду собственных колебаний преобразователей. Этот вопрос рассматривался в работе [1], где получен вывод, что огибающая сигнала после двойного преобразования  $|X(t, \tau)|$  имеет максимум при  $\tau = (2n + 1)T_0/2$ , где  $\tau$  — длительность видеоимпульса,  $T_0$  — период собственных колебаний преобразователя. При  $\tau = nT_0$  огибающая превращается в нуль.

Более строгий анализ возбуждения преобразователей видеоимпульсами можно получить, если воспользоваться операционным уравнением устройства с двойным преобразованием:

$$V_{\text{вых}} = \frac{4ed}{\varepsilon^T T_0 p} \cdot \frac{\rho_1 c_1}{\rho_2 c_2} \cdot \frac{e^{-(\alpha + \frac{p}{c_2})L}}{\left(1 + \frac{\rho_1 c_1}{\rho_2 c_2} \operatorname{cth} \frac{T_0}{2} p\right)^2} \cdot \frac{Z_H}{Z_0 + Z_H} V_{\text{вх}}, \quad (1)$$

где  $e$  и  $d$  — пьезоконстанты материала преобразователя,  $\rho_1 c_1$  — волновое сопротивление материала преобразователя,  $\rho_2 c_2$  — волновое сопротивление звукопроводящей среды,  $L$  — длина пути акустического луча,  $Z_0$  — электрический импеданс преобразователя,  $Z_H$  — электрический импеданс нагрузки, подключенной к преобразователю в режиме приема,  $p$  — оператор Хевисайда.

Уравнение (1) записано для преобразователей, работающих в режиме двустороннего излучения. Воздействием волн, прошедших акустический путь в звукопроводящей среде три раза и более, пренебрегаем.

Операционное уравнение излучателя имеет вид

$$T_{\text{зв}} = \frac{1}{1 + \frac{\rho_1 c_1}{\rho_2 c_2} \operatorname{cth} \frac{T_0}{2} p} \cdot e \frac{V_{\text{вх}}}{l_0}, \quad (2)$$