

*М.С. Башмакова, Е.В. Рязанова, А.П. Савенков\**

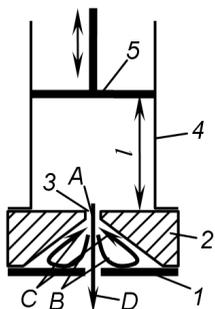
## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАТОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ДУХДИАФРАГМОВОГО ЗВУКООБРАЗОВАТЕЛЯ

Духдиафрагмовые звукообразующие элементы (ДЗЭ) могут быть использованы для измерения расхода и физических свойств газов [1]. При протекании газа через ДЗЭ формируется акустический сигнал, содержащий несколько гармонических составляющих, амплитуды и частоты которых зависят от расхода, свойств газа и конструкции элемента.

Акустический преобразователь без резонатора, описанный в работе [1], обладает сложным выходным сигналом, характеризующимся хаотическими колебаниями с большим количеством гармонических составляющих. Нами разработан ДЗЭ с цилиндрическим резонатором, позволяющим повысить стабильность генерации колебаний [2].

В настоящей работе представлены результаты исследования влияния параметров резонатора на характеристики ДЗЭ.

Частота основного тона выходного сигнала ДЗЭ зависит от скорости газового потока внутри преобразователя и его размера (рис. 1). Контролируемый газовый поток поступает внутрь резонатора 4 (входной штуцер на схеме не показан), снабженного поршнем 5, позволяющим изменять его длину. Основной газовый поток *A* ДЗЭ, выходящий из входного отверстия 3, попадает на края диафрагмы 1 и отклоняется, разворачиваясь внутри корпуса 2 преобразователя. Поток *C*, сужая поток *A*, увеличивает интенсивность потока *D* и уменьшает интенсивность потока *B*, что, в свою очередь, приводит к уменьшению потока *C*, т.е. в преобразователе существует обратная связь. В результате наличия такой обратной связи формируются колебания расхода газа в выходной диафрагме 1 и акустические колебания давления.



**Рис. 1. Схема ДЗЭ с цилиндрическим резонатором переменной длины**

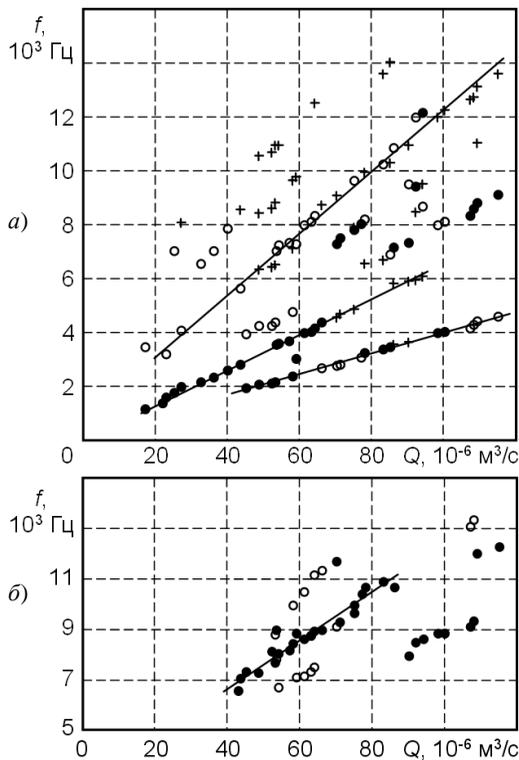
Возникновению устойчивых акустических колебаний способствует наличие

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» М.М. Мордасова.

резонатора 4 перед входным отверстием. В настоящей работе представлены результаты исследования влияния параметров резонатора на процесс звукообразования.

Наличие влияния резонатора на процесс звукообразования установлено путем проведения экспериментов с резонатором, заполненным звукопоглощающим материалом (ватой). Для проведения исследований нами использованы: источник питания сжатым газом, регулятор расхода, ротаметр типа РМ-04Г УЗ, микрофон типа WM-60АТ, персональный компьютер со звуковой картой и установленной программой CoolEdit для обработки звуковых файлов.

На рисунке 2 представлены зависимости  $f(Q)$  частот  $f$  основных спектральных составляющих выходного акустического сигнала ДЗЭ от расхода  $Q$  газа через него для пустого (а) и заполненного ватой (б) резонатора.



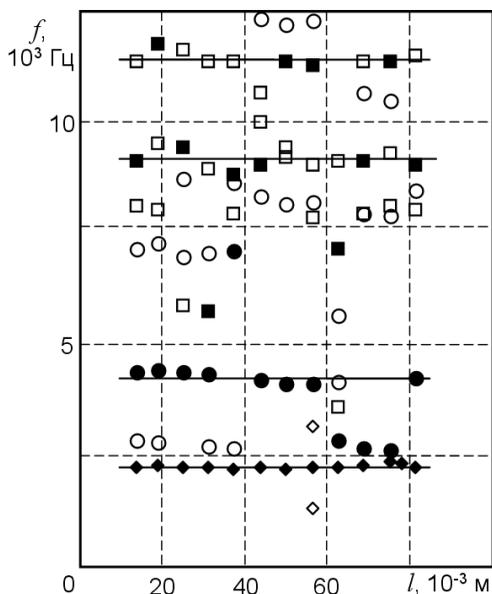
**Рис. 2. Зависимость частот  $f$  основных спектральных составляющих акустического сигнала от расхода  $Q$  газа через ДЗЭ:**

*а* – с пустым резонатором; *б* – с резонатором, заполненным звукопоглощающим материалом; ● – максимальная по интенсивности компонента, ○ – вторая по интенсивности компонента, + – прочие компоненты

Линиями на графиках показаны непрерывно возрастающие частоты, наличие которых обеспечивает возможность использования ДЗЭ в качестве расходомера. При заполнении резонатора звукопоглощающим материалом повышается минимальное значение расхода, при котором возникает звуковой сигнал, снижается интенсивность звукового сигнала на выходе элемента и уменьшается количество гармонических составляющих. Это доказывает, что присоединенная к элементу закрытая труба работает в режиме резонатора.

Основным геометрическим параметром акустического резонатора является его длина  $l$  (см. рис. 1). Из условия возникновения стоячих волн следует, что длина определяет резонансные частоты. Поэтому изменение длины  $l$  должно приводить к значительному изменению генерируемых в ДЗЭ частот. Для определения влияния длины  $l$  на спектр выходного сигнала ДЗЭ проведены эксперименты с различными значениями этой величины.

На рисунке 3 представлены зависимости  $f(l)$  частот  $f$  основных спектральных составляющих выходного акустического сигнала ДЗЭ от длины  $l$  резонатора для различных значений расхода  $Q$ .



**Рис. 3. Зависимость частот  $f$  основных спектральных составляющих акустического сигнала ДЗЭ от длины  $l$  резонатора:**

◆, ●, ■ – максимальные по интенсивности компоненты для расходов 36,3; 69,1; 96,6  $10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с соответственно; ◇, ○, □ – соответствующие прочие компоненты

Линиями показаны значения частот, сохраняющиеся неизменными. Из представленных данных следует, что, несмотря на существенную зависимость резонансных частот резонатора от его длины, частоты выходного сигнала ДЗЭ в основном зависят от  $l$  довольно слабо. Это можно объяснить тем, что образование звука происходит внутри ДЗЭ, и генерируемые частоты определяются только его размерами.

Представленные результаты характеризуют только спектр сигнала ДЗЭ. В ходе экспериментов было установлено, что длина  $l$  резонатора значимо влияет на амплитуду и стабильность генерируемых колебаний. При увеличении длины возрастают амплитуда колебаний и добротность резонатора.

Таким образом, из полученных результатов следует, что параметры резонатора влияют на качество работы звукообразующего элемента, не изменяя количественных характеристик звукового сигнала (частоту  $f$ ).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 570413 СССР, В 06В 1/20, G 01N 29/00. Пневмоакустический преобразователь / В.К. Савицкий. – № 2326468/10. Заявл. 23.02.76. – Опубл. 30.08.77. – Бюл. № 32. – 2 с.
2. Мордасов, М.М. Генератор гармонических колебаний расхода газа / М.М. Мордасов, Е.В. Подшивалина, А.П. Савенков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 1. – С. 31 – 37.

*Кафедра «Управление качеством и сертификация»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*