

М. Г. Кузнецов, О. В. Козулина, Ю. Ф. Коротков,
А. А. Шагивалеев, А. Н. Николаев

ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЕ ВОСПЛАМЕНЕНИЕ ГОРЮЧИХ СМЕСЕЙ

Ключевые слова: акустический резонатор, генератор холода, газодинамический воспламенитель, резонансная трубка, излучатель.

Рассмотрена конструкция и принцип работы акустических резонаторов для получения холода и тепла. Отмечены особенности работы и газодинамических воспламенителей, предназначенных для поджига горючих газов.

Keywords: The acoustic resonator, the cold generator speaking gas, an igniter, a resonance tube, a radiator.

The construction and principle of operation of acoustic resonators for cold and heat obtaining is considered. Singularities of operation and speaking gas, intended for set fire combustible gases are marked

В [1-3] рассмотрены возможности использования акустических колебаний в различных технологических процессах, связанных с тепло-массообменом, распылением жидких, пастообразных и мелкосыпучих сред, приготовлением суспензий, эмульсий и растворов, очисткой загрязненных вод от твердых, жидких и пастообразных примесей, сжиганием твердых, жидких и газообразных топлив, концентрированием растворов, получением холода и тепла, воздухообменом и т.д.

Генерацию акустических колебаний можно получить в газодинамическом резонаторе. Среди всего многообразия конструкций таких резонаторов особый интерес заслуживают резонаторы, позволяющие генерировать холод и тепло. Так в закрытой с обоих концов трубе с колеблющимся в одном из ее концов поршнем [4] в концевых участках трубы происходит генерация тепла («горячая» зона) в результате сжатия колеблющегося столба газа в этих участках, а в средней части трубы – охлаждение газа в результате его расширения («холодная» зона).

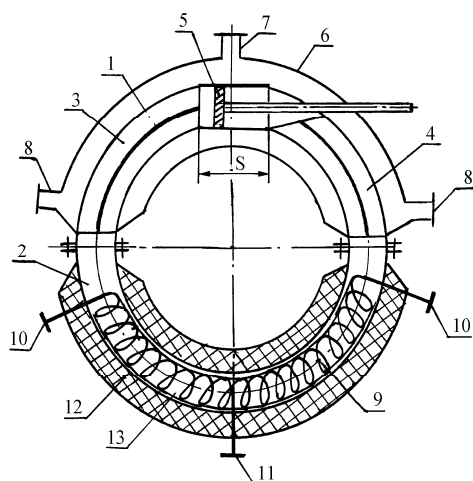


Рис. 1

На рис. 1 показан поршневой акустический генератор холода и тепла [5]. Генератор выполнен в виде тороидальной трубы, состоящей из двух жестко соединенных друг с другом полутруб 1 и 2.

В полутрубе 1 установлены продольно расположенные ребра 3 и 4, контактирующие со стенкой этой полутрубы. Ребра 3 относительно ребер 4 установлены с зазором, в котором размещен с возможностью возвратно-поступательного движения поршень 5. Снаружи полутрубы 1 установлена рубашка 6 с патрубком 7 и 8 для входа и выхода холодного теплоносителя.

В полутрубе 2 установлен оребренный ребрами 13 змеевик 9 со штуцерами 10 и 11 входа и выхода охлаждаемого теплоносителя. Снаружи полутруба 2 покрыта теплоизоляцией 12.

В результате пульсирующего движения поршня 5 в полутрубе 1 по обе стороны от поршня колеблющийся газ испытывает сжатие, сопровождающееся нагревом («горячая» зона), а в полутрубе 2 – расширение, сопровождающееся охлаждением («холодная» зона). В «горячей» зоне газ отдает тепло стенкам ребер 3 и 4, полутрубе 1 и холодному теплоносителю, поступающему в рубашку 6 через патрубок 7 и выходящему из рубашки через патрубок 8. В «холодной» зоне газ охлаждает оребренный змеевик 9, который охлаждает охлаждаемый теплоноситель, поступающий в змеевик 9 через штуцеры 10 и выходящий из змеевика через штуцеры 11. Поршень 5 в тороидальном канале генератора холода и тепла совершает полезную работу как при прямом, так и при обратном ходе, выполняя роль двух жестко связанных друг с другом синфазно пульсирующих перегородок. Уменьшение (увеличение) объема канала перед поршнем 5 при его прямом (обратном) ходе одновременно сопровождается увеличением (уменьшением) на такую же величину объема канала за поршнем. В целом рабочий объем канала генератора при колебаниях поршня остается неизменным, тогда как амплитуда колебаний поршня возрастает примерно в два раза.

Еще одним, не менее важным, использованием акустических резонаторов является способность повышать температуру рабочей среды до 800°C и выше за счет преобразования кинетической энергии газового потока в резонаторе в акустическую энергию. Такие резонаторы называют газодинамическими воспламенителями или газоструйными акустическими излучателями.

На рис. 2 показан газодинамический воспламенитель [6], в котором рабочей средой является воздух.

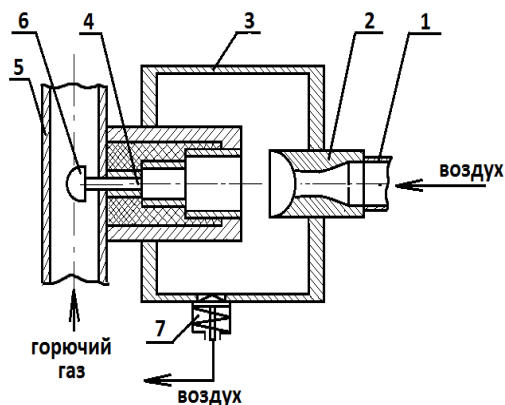


Рис. 2 - Газодинамический воспламенитель: 1 – воздухопадающая труба; 2 – сопловой насадок; 3 – акустическая камера; 4 – резонансная трубка; 5 – топливоподающая труба; 6 – излучатель; 7 – обратный клапан

Резонансная трубка выполнена многоступенчатой, причем диаметр каждого ее последующего участка по направлению к топливоподающей трубе меньше диаметра предыдущего участка. Конец трубки размещен в топливоподающей трубе и выполнен заглушенным.

Воздух по давлению поступает в трубу 1, проходит сопловой насадок 2 и попадает в акустическую камеру 3 и через нее – в резонансную трубку 4. Взаимодействие воздушной струи, вытекающей с большой скоростью из соплового насадка 2 в акустическую камеру 3, с колеблющимся в резонансной трубке 4 столбом газа приводит к возникновению резонансных акустических колебаний. Эти колебания сопровождаются втеканием и вытеканием воздуха в резонансной трубке, что вызывает распространение в этой трубке ударных волн. Периодические колебания скорости газа большой амплитуды в резонансной трубке вызывают нагрев ее заглушенного конца до температуры порядка 1000°С.

Излучатель 6 выполнен в виде зонтика и часть горючего газа в топливоподающей трубе попадает в полость зонтика, образуя зону движения потока. Такая аэродинамика потока горючего газа над и под зонтиком способствует увеличению

времени пребывания части горючего газа в зоне излучения излучателем тепловой энергии. Контактируя с излучателем, горючий газ воспламеняется, сгорает и факел пламени при выходе из топливоподающей трубы поджигает горючую газовую смесь, движущуюся по основному газопроводу.

Обратный клапан 7 на акустической камере 3 остается в закрытом положении, предохраняя полость камеры и резонансную трубку от воздействия внешней среды. При работающем воспламенителе воздух сбрасывается из акустической камеры через обратный клапан в атмосферу.

Газоструйные акустические излучатели могут быть использованы для поджога аварийно сбрасываемых в атмосферу горючих газов. Достоинством таких излучателей является высокая надежность в работе в условиях высоких температур горения горючего газа.

Литература

1. *Хакимова Е.Г.* Исследование поршневого акустического резонатора /Е.Г. Хакимова, О.В. Козулина, М.Г. Кузнецов, А.А. Чижевский, Ю.Ф. Коротков, Р.Г. Галиуллин //Вестник Казан. технол. ун-та. – 2012. – Т.15. – №15. – С.217-219.
2. Патент 108580
3. *Ермаков Р.А.* Нагнетатель газа, выполненный на базе поршневого акустического резонатора /Р.А. Ермаков, Р.Г. Галиуллин, В.М. Ларионов, А.Н. Николаев //Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2008. Вып.7.– С.23-25.
4. А.с. 1374884 СССР, 4 F 25 В 9/00. Способ охлаждения газа / Р.Г. Галиуллин, Ю.Ф. Коротков, И.П. Ревва (СССР) - №4025713/23-06; заяв. 21.02.86; опубл. 15.10.87 (ДСП).
5. А.с. 1753784 СССР, 5 F 25 В 9/00. Генератор холода /Р.Г. Галиуллин, И.П. Ревва, Ю.Ф. Коротков, Н.А. Николаев (СССР). №4787896/06; заявл. 30.01.90; опубл. 08.04.92 (ДСП).
6. А.с. 1241804 СССР 4 F 23 Q 13/00. Воспламенитель /Э.А. Буторин, А.И. Кравцов, А.И. Погорельцев, В.А. Карелин, Ю.М. Беляков, В.С. Мокроусов (СССР). - №3806618/28-06; заявл. 24.09.84. (ДСП).
7. *Коротков Ю.Ф.* Энергетические характеристики двухтактного поршневого акустического нагнетателя газа Ю.Ф. Коротков, О.В. Козулина, М.Г. Кузнецов, А.Н.Николаев //Вестник Казан. технол. ун-та. – 2013. – Т.20. №17, С.235-237.

© **М. Г. Кузнецов** - к.т.н., доц. каф. оборудования пищевых производств КНИТУ, orp-srv@rambler.ru; **О. В. Козулина** - к.т.н., доц. каф. той же кафедры; **Ю. Ф. Коротков** - к.т.н., доц. каф. той же кафедры; **А. А. Шагивалеев** - к.т.н., доц. каф. той же кафедры; **А. Н. Николаев** - д.т.н., проф. каф. той же кафедры.