

03:08  
©1994

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ КОНДЕНСАЦИИ ПАРА В АКУСТИЧЕСКОМ РЕЗОНАТОРЕ

*В.В.Бережнов, Ю.К.Братухин, И.Ю.Макарихин,  
С.О.Макаров*

Известно [1], что неоднородный нагрев различных устройств может способствовать возбуждению и поддержанию в них звуковых колебаний. В монографии [1] приводятся несколько таких примеров. Особо отметим наблюдаемое стеклодувами возникновение звука при выдувании с помощью длинной узкой трубки стеклянных шаров. Однако при объяснении этого эффекта не учитывается наличие в системе паров летучих жидкостей. Между тем, важность последнего условия отмечена Де-ля-Ривом: образование звука облегчается присутствием в трубке паров спирта, эфира и т.д.

Необходимость конденсации присутствующих паров для развития автоколебаний в подобных системах отмечается в ряде работ Бхатта и Ведекinda (см., например, [2]), в которых исследованы автоколебания с периодом около 1 с, возникающие при пропускании пара через горизонтально расположенную трубку. Таким образом, экспериментальные данные дают основание полагать, что в процессе появления колебаний конденсация пара является определяющим условием.

Нами обнаружена генерация звуковых автоколебаний, сопровождаемых конденсацией пара в горлышке акустического резонатора.

Экспериментальная установка представляла собой стальной резонатор в виде цилиндрического резервуара объемом  $10 \text{ см}^3$  и диаметром 1.7 см с горлышком — алюминиевой трубкой длиной 13 и диаметром 0.5 см, по наружной поверхности которой мог свободно перемещаться холодильник. Длина охлаждаемой части горлышка составляла 4 см. Контролируемое нагревание металлического резервуара осуществлялось электрической печкой с переменной мощностью. Для измерения частоты и амплитуды колебаний использовались микрофон, усилитель, звуковой генератор и осциллограф. В качестве рабочих жидкостей применялись вода, этиловый спирт и четыреххлористый углерод. Количество вводимой в резонатор жидкости варьировалось от  $0.01$  до  $0.10 \text{ см}^3$ .

Как следует из проведенных экспериментов, самопроизвольное образование звуковых автоколебаний интенсивностью порядка  $10^{-9} - 10^{-8}$  Вт/м<sup>2</sup> наблюдается только при одновременном испарении жидкости в резервуаре и конденсации пара на стенках трубки. При использовании вместо летучих жидкостей газов (воздух, СО<sub>2</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>2</sub> и др.) звуковых колебаний не наблюдалось. Звук не возникал и при работе с различными нелетучими жидкостями (глицерин, масла).

После конденсации всего пара на холодном горлышке генерация звука прекращалась. В пределах погрешности эксперимента установлено, что количество жидкости, сконденсировавшейся на трубке после прекращения генерации, равнялось количеству вносимой в резонатор жидкости. О практически полной конденсации всей испаряющейся жидкости свидетельствует и тот факт, что в случае вертикального положения резонатора с отверстием вверх звучание при постоянном нагреве продолжалось в течение 4–6 ч при массе жидкости 0.01 г. Частота звуковых колебаний зависела от применяемой жидкости и составляла 240 Гц для воды, 260 — для спирта и 210 — для ССl<sub>4</sub>.

Визуализация движения парогазовой смеси в горлышке проводилась в экспериментах со стеклянным резонатором таких же размеров с помощью заранее вводимого небольшого количества дыма. Изменений тона при этом практически не наблюдалось. При возбуждении звука происходило сгущение частиц дыма в периодически повторяющиеся по всей длине горлышка тороидальные структуры, особенно хорошо заметные в охлаждаемой части трубки.

Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что конденсация паров является необходимым условием существования в данной системе звуковых колебаний, возникновение которых может быть объяснено следующим образом. Переходя из нагретого объема резонатора в холодную трубку, пар охлаждается и конденсируется на ее стенках. Образование жидкости в местах конденсации сопровождается уменьшением концентрации парогазовой смеси и локальным увеличением температуры. Но поскольку температура на стенках трубки задана холодильником, то окончательным результатом конденсации капельки пара оказывается уменьшение плотности в данном месте и как следствие — уменьшение давления. Это приведет к поршнеобразному движению газа, что в свою очередь создаст благоприятные условия для конденсации.

## Список литературы

- [1] Стрэтт Дж. (Лорд Рэлей). Теория звука. Том 2. М., 1955. 475 с.
- [2] Bhatt B.L., Wedekind G.L. // ASME J. of Heat Transfer. V. 102. N 4. P. 694-700.

Пермский государственный  
университет им. А.М.Горького

Поступило в Редакцию  
26 декабря 1993 г.

