

Для реальных конструкций топок и камер сгорания, где площадь свободной поверхности для размещения резонаторов ограничена конструктивными особенностями смесительных устройств, габаритные размеры акустических резонаторов должны быть минимальными. В связи с этим было рассмотрено влияние скважности резонаторов (отношение площади поперечного сечения горла резонатора  $\sigma_2$  к площади трубы  $S$ ) на срыв вибрационного горения.

Естественно, что с уменьшением  $\sigma_2/S$  эффективность воздействия резонаторов на вибрационное горение уменьшается и только наиболее оптимальная конструкция резонатора и подбор акустического сопротивления  $\theta_2$  в горле резонатора таким, чтобы безразмерный модуль акустической проводимости  $A_0 = \sigma_2/S\theta_2 \rightarrow 1$ , делает возможным срыв автоколебательного процесса даже при  $\sigma_2/S = 0,01$ . Было экспериментально доказано, что при установке резонатора в днище трубы более эффективен, например, резонатор с коротким горлом, чем с длинным, хотя значения  $\sigma_2/S$  у этих резонаторов были одинаковыми. Следует заметить, что резонатор устанавливался в пучности звукового давления и поэтому он более эффективен, когда уменьшение добротности проводится за счет массового реактansa, т. е. уменьшения длины горла резонатора. При установке резонатора в пучности колебательной скорости целесообразней уменьшать добротность за счет увеличения поглощения в его горле, а массовый реактанс оставлять неизменным. В области высоких температур, где применение демпфирующих материалов не представляется возможным, увеличение поглощения в горле резонатора достигается посредством пропускания газа через резонатор [4].

Акустический  
институт АН СССР,  
Москва

Поступила в редакцию  
28/1 1975

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б. В. Раушенбах. Вибрационное горение. М., Физматгиз, 1961.
2. В. Е. Дорошенко, С. Ф. Фурлетов. ПМТФ, 1967, 1, 64.
3. А. А. Ритпат, W. R. Dennis. JASA, 1954, 26, 716.
4. Г. И. Еремин, В. И. Кондратьев, А. Л. Сушков. VIII Всесоюзная акустическая конференция. Рефераты докладов, т. II, АН СССР, М., 1973.
5. H. J. Merik. Appl. Sci. Res., 1956—1957, A 6, 402.

### ВЛИЯНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИНЖЕКЦИИ

А. С. Гафаров

Коаксиальное газогорелочное устройство с инжекцией воздуха, будучи введенным в трубу-резонатор, создает вибрационный режим горения. В этой системе одновременно с частотой, соответствующей основному тону трубы-резонатора, при определенных условиях наблюда-

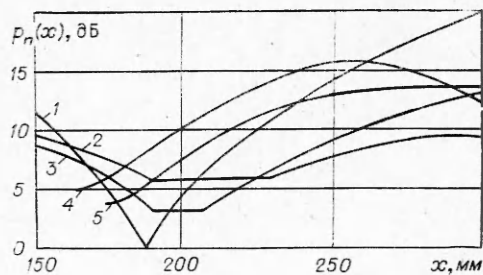


Рис. 5. Распределение звукового давления вдоль оси трубы в зависимости от настройки резонатора при  $\theta_2 = 0,25$ .

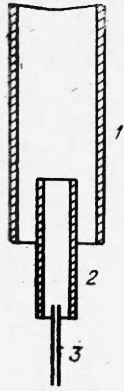


Рис. 1. Инжекционно-вибрационное устройство.  
1 — труба-резонатор; 2 — смесительная трубка; 3 — газоподающая трубка.

ется модуляция с частотой 0,5 Гц. Предполагалось, что модуляция зависит от коэффициента инжекции, который, в свою очередь, зависит от акустики. Для проверки этого предположения выяснялось влияние акустических возмущений и режимов горения на коэффициент инжекции.

Для исследования была выбрана инжекционно-вибрационная установка (рис. 1), состоящая из трех коаксиальных труб. Расход газа регистрировался реометром, воздух, поступающий в систему, — термоанемометром. Эксперимент проводился с трубами длиной от 10 см до 1,2 м через каждые 10 см. Амплитуда давления в трубе определялась акустическим зондом. Частота колебаний задавалась звуковым генератором ЗГ-10. Использовался горючий газ  $C_3H_8$ .

На рис. 2 представлены данные о влиянии акустических колебаний на изменение коэффициента инжекции без горения ( $n$  — коэффициент инжекции,  $L, d$  — длина и диаметр смесительной трубки). Экспериментальные результаты получены для различных длин труб, различных амплитуд и частот колебаний. Видно, что  $n$  мало изменяется от частоты колебаний, а с увеличением амплитуды колебаний он уменьшается. Максимальное уменьшение коэффициента инжекции соответствует основному тону и максимальному значению амплитуды колебаний.

На высших гармониках уменьшение  $n$  выражено менее заметно. Его изменение в зависимости от режима горения представлено на рис. 3. Из графика следует, что значение  $n$  при одном и том же числе  $Re$  больше при вибрационном режиме горения, чем при стационарном.

С одной стороны, акустические колебания уменьшают коэффициент инжекции, а с другой — способствуют смешению, вследствие чего происходит более полное сгорание. При более полном сгорании возрастают температура и конвективный поток воздуха.

Суммарное количество воздуха, поступающего в инжекционно-вибрационное горелочное устройство, за счет увеличения конвективного подсоса становится больше, чем при стационарном режиме. С увеличением числа  $Re$  значение коэффициента инжекции уменьшается как для стационарного, так и для вибрационного режима горения.

Предположим, что вследствие акустических колебаний произошло увеличение  $n$ , воздуха стало поступать больше, смешение более полное, полное сгорание. Амплитуда колебаний будет увеличиваться, вследствие чего коэффициент инжекции будет убывать. Воздуха в систему

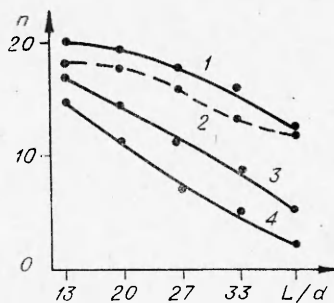


Рис. 2. Изменение коэффициента инжекции без горения при акустических возмущениях. Расход газа  $C_3H_8$  постоянен во всех случаях.

1 — без акустических возмущений; 2 — вторая гармоника (амплитуда вынуждающих колебаний 1 отн. ед.); 3 — основной тон (амплитуда вынуждающих колебаний 0,7 отн. ед.); 4 — основной тон (амплитуда вынуждающих колебаний 1 отн. ед.).

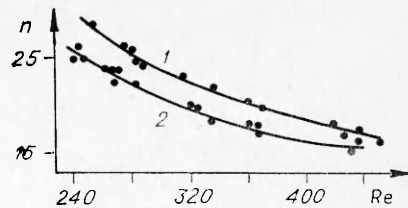


Рис. 3. Вибрационный (1) и стационарный (2) режимы горения.

поступит меньше, процесс сгорания ухудшится, амплитуда акустических колебаний уменьшится, поэтому возрастет  $n$ . Процесс будет повторяться.

Таким образом, становится ясно, что эффект модуляции возникает за счет изменения коэффициента инжекции при акустических колебаниях.

Казанский государственный  
университет

Поступила в редакцию  
6/1 1975

## УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОТЕКАНИЯ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ В ПОТОКЕ

А. А. Бутаков, Э. И. Максимов

Во многих областях техники и химической технологии используются различные устройства, в которых имеет место поток химически реагирующих веществ. Это ракетные камеры, факельные горелки, форсунки, проточные химические реакторы.

К основополагающим работам в области исследования закономерностей протекания химической реакции в потоке следует отнести теоретические работы Зельдовича, Франк-Каменецкого, Мержанова. Экспериментальные исследования закономерностей теплового взрыва, воспламенения и горения в потоке методами, развитыми применительно к изучению горения конденсированных взрывчатых веществ, позволили получить ряд ценных результатов [1—3]. Однако необходимо отметить трудности, стоящие на этом пути. Во-первых, время разложения образца ВВ (в случае летучих ВВ — время испарения), обеспечивающего поток химически реагирующего газа, мало. Во-вторых, высокие температуры газового потока и узкие зоны химической реакции затрудняют снятие количественных характеристик процесса. В-третьих, ограничены возможности изменения скорости потока, условий теплообмена, гидродинамики. В значительной мере перечисленные недостатки присущи и моделям ЖРД [4].

При создании данной установки руководствовались следующими требованиями: 1) возможность варьирования начальных и граничных условий в широком диапазоне, 2) строгость физической модели и высокая точность поддержания заданных значений параметров, 3) возможность получения большого объема информации как о стационарных, так и нестационарных закономерностях процесса, 4) малогабаритность установки, малый расход реагирующего вещества, большие времена непрерывной работы.

Принципиальная схема установки изображена на рисунке. Основным элементом установки является длинная трубка из нержавеющей стали, по которой движется поток реагирующей жидкости. В опытах использовались реакционные трубки длиной 286 и 645 мм с внутренним диаметром 4 и 6 мм. Толщина стенок реакционной трубки — 1 мм.

С целью уменьшения размеров установки реакционная трубка делалась в виде змеевика. Диаметр змеевика много больше диаметра трубки ( $D/d \geq 17$ ), поэтому кривизна ее не оказывала влияния на гидродинамическую картину течения в исследуемом диапазоне скоростей ( $v_0 = 0,1 \div 3$  см/с). Большое расстояние между двумя соседними витками змеевика ( $l = 60$  мм) исключало взаимное тепловое влияние соседних участков реактора. Данное утверждение было проверено экспериментально.