

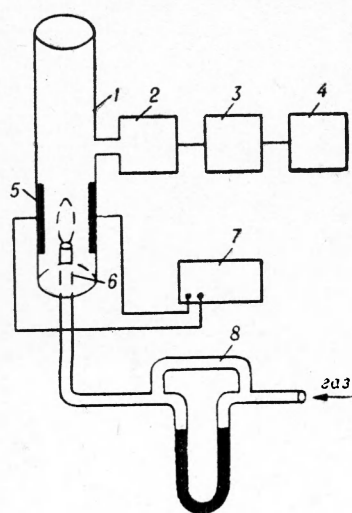
**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ
НА ВИБРАЦИОННОЕ ГОРЕНИЕ ПРОПАНА**

С. А. Аbruков, В. В. Куржунов, В. Н. Мездриков
(Казань)

Известно, что сильные электрические поля возмущают пламя [1—3]. Влияние электрических полей на характер горения изучалось при равномерном распространении пламени. В некоторых работах [4—7] отмечено, что при определенных условиях под воздействием поля пламя начинает вибрировать, становится слабым и нестабильным.

Настоящая работа посвящена изучению влияния электрических полей на режим вибрационного горения газообразного топлива. В рассматриваемом случае фронт пламени является своеобразным элементом, позволяющим воздействовать внешним электрическим полем на устойчивость гидродинамически неустойчивой колебательной системы. В работе исследовалось влияние постоянного и переменного полей на диффузионное и кинетическое «поющее» пламя пропана.

Экспериментальная установка (см. рисунок) включала в себя топливно-акустическую систему, позволяющую получать «поющее»



пламя, высоковольтную установку 7, звуковой генератор 4, осциллограф 3 и другую контрольно-измерительную аппаратуру. Пропан или пропано-воздушная смесь через реометр 8, служивший для контроля объемного расхода топлива $V \text{ см}^3/\text{сек}$ подавались из газометра к горелке 6, которая находилась внутри стеклянной трубы-резонатора 1. Меняя расход топлива, можно было управлять высотой факела пламени. Горелка 6 могла перемещаться внутри трубы-резонатора как вдоль оси, так и по сечению. На факел пламени накладывалось внешнее постоянное или переменное электрическое поле. Высоковольтное напряжение (до 10 кВ) подавалось на латунные электроды 5, помещаемые внутри трубы-резонатора. Схема высоковольтной установки предусматривает возможность плавной регули-

ровки выходного напряжения. Сила тока и значение прикладываемой к электродам разности потенциалов U непосредственно отмечались по показаниям специальных измерительных приборов. Применялись плоскопараллельные и цилиндрические электроды. В последнем случае

внутренним электродом служила медная проволока, намотанная на стеклянную горелку.

При определенных условиях пламя возбуждало в трубе-резонаторе акустические колебания.

Переменная составляющая давления в трубе-резонаторе фиксировалась пьезоэлектрическим датчиком 2, сигнал которого подавался на вертикальный вход осциллографа. Получаемые осциллограммы позволяли судить об амплитудах и формах колебаний в трубе-резонаторе. Частоты акустических колебаний определялись по фигурам Лиссажу с помощью звукового генератора, сигнал которого в этом случае подавался на горизонтальный вход осциллографа. Таким образом, регистрировались объемный расход топливно-воздушной смеси, частота и потенциал электрического поля, частоты и амплитуды звуковых колебаний в резонаторе, а также изменение формы фронта пламени.

В отсутствие электрического поля наблюдалось обычное, хорошо изученное «поющее» пламя. Эксперименты с полем показали, что относительно слабое электрическое поле вызывает незначительное увеличение амплитуды звуковых колебаний. Прикладывая к электродам разность потенциалов в несколько киловольт, можно добиться подавления вибрационного режима горения. Численное значение потенциала, необходимого для подавления колебаний, зависит от высоты пламени и его положения в трубе. Независимо от характера пламени (диффузионное или кинетическое), потенциал как функция высоты факела имеет максимум при оптимальном режиме вибрационного горения. Во всех исследованных случаях гашение высокочастотных акустических колебаний происходило резко, почти скачком. Осциллограммы переменной составляющей давления в акустической системе показали, что при наложении электрического поля вибрационное горение модулируется низкочастотными пульсациями (порядка 10 гц). Одновременно возможно появление высокочастотных шумов от фронта пламени.

У диффузионного вибрирующего пламени наблюдается несколько областей устойчивости, которые возникают под воздействием наложенного электрического поля. Эти области зависят от положения факела по сечению трубы-резонатора. Кинетическое неустойчивое горение характеризуется только одним потенциалом гашения. В обоих случаях для факела, находящегося вблизи оси трубы, потенциал гашения максимален. При одинаковых условиях эксперимента потенциалы гашения диффузионного и кинетического пламени различны.

Обнаружено, что постоянное электрическое поле не оказывает влияния на частоту вибрационного горения. При наложении поля на отрицательном электроде появляется налет сажи.

Переменное поле также подавляет акустические колебания, соответствующие основному тону трубы-резонатора. Однако при этом возникают вынужденные звуковые колебания с частотой переменного поля, модулированные сильными низкочастотными пульсациями, амплитуда которых уменьшается при уменьшении приложенного к электродам потенциала (см. таблицу).

Данные таблицы получены при следующих условиях: длина трубы-резонатора 171 см, ее диаметр 2,5 см, срез горелки находится на 25 см выше нижнего среза трубы-резонатора. Electroдами служили плоскопараллельные пластины $10,5 \times 1,7$ см², отстоящие друг от друга на расстоянии 2 см. Основание пламени на 1 см выше нижнего края электродов. В системе возбуждались акустические колебания с частотой основного тона 120 гц.

Изменение частоты накладываемого электрического поля оказывает влияние на поведение фронта пламени. Форма фронта зависит не только от частоты наложенного поля, но и от его напряженности. Конус диффузионного факела становится резким, его светимость увеличивается.

Потенциал (U) гашения акустических колебаний «поющего» пламени как функция объемного расхода пропано-воздушной смеси (V)

Постоянное поле				Переменное поле $\omega=50$ гц			
стехнометрическая смесь		диффузионное пламя		стехнометрическая смесь		диффузионное пламя	
$V, \frac{см^3}{сек}$	$U, кв$	$V, \frac{см^3}{сек}$	$U, кв$	$V, \frac{см^3}{сек}$	$U, кв$	$V, \frac{см^3}{сек}$	$U, кв$
36	3,8	2,0	2,4	36	3,6	2,0	3,0
48	4,5	2,5	3,6	48	5,8	2,5	3,7
60	5,2	3,8	3,8	60	8,0	3,8	>6**
72	5,4	5,0	4,0	72	6,0	5,0	5,0
84	7,5	6,2	2*,3,6	84	4,5	6,2	2*;>3,5
96	5,0	7,5	1,9*;3,4	96	3,6	7,5	2*;>3,5
108	4,0	8,7	2,6	108	3,2	8,7	1,8*:?
120	4,0	10,0	2,4	138	1,8	10,0	4,0
132	3,0	11,2	2,4			11,2	3,9
156	1,6	12,5	2,4			12,5	>3,5*
		15,0	2,4				
		16,2	2,2				

* Появляется новая область устойчивости.

** Точное значение нельзя определить из-за пробоа.

Сказанное выше относится к закрытому факелу пламени. Напротив, открытый диффузионный факел, помещенный в постоянное электрическое поле между плоскопараллельными электродами, при определенном расходе топлива начинает совершать колебания, попеременно притягиваясь к электродам, потенциал которых остается неизменным.

Описанные результаты дают основания считать, что при наличии электрического поля переменная составляющая объемной скорости тепловыделения пламени уменьшается, одновременно происходит существенное изменение формы поверхности пламени. Обе эти причины приводят к тому, что амплитуда звуковых колебаний, генерируемых фронтом пламени, при соответствующих напряженностях электрического поля резко уменьшается.

В связи с тем, что в рассматриваемой акустической системе колебания могут существовать и при наличии только лишь переменной составляющей тепловыделения (площадь теплоподвода постоянна), существенным является вопрос о причине уменьшения объемной скорости тепловыделения в присутствии электрического поля. Влияние могут оказывать скорость горения, температура пламени и ряд других факторов.

Интересным является также вопрос о существовании нескольких областей устойчивости при диффузионном режиме.

Таким образом, и постоянные, и переменные электрические поля влияют на вибрационное горение газовых смесей. Соответствующим изменением напряженности приложенного поля можно подавить возник-

шие в системе акустические колебания газового столба. При диффузионном режиме горения наблюдается несколько областей устойчивости, вызванных воздействием внешнего поля.

Поступила в редакцию
13/X 1965

ЛИТЕРАТУРА

1. *R. Guenault, R. Wheeler.* J. Chem. Soc., 1931, I, 195; 1932, II, 2788.
 2. *А. С. Соколик, Е. С. Семенов.* ЖФХ, 1964, 38, 7, 1784.
 3. *H. Colcote, R. Peas.* Industrial and Engineering Chemistry, 1951, 43, 12.
 4. *У. Нейберг.* Вопросы ракетной техники, 1953, 5, 100.
 5. *B. Lewis.* J. Am Chem. Soc., 1931, 53, 4—6, 1304.
 6. *H. Colcote.* 3-th Symposium on Combustion, Williams and Wilkins, 1949.
 7. *В. А. Попов, А. В. Шеклеин.* Научно-технические проблемы горения и взрыва, 1965, 1, 76.
-