

3. Условия развития, геометрические размеры и форма ЖЛФ имеют принципиальное отличие от обычного (классического) ламинарного факела.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гейдон А. Г., Вольфгард Х. Г. Пламя, его структура, излучение и температура.— М.: Металлургиздат, 1959.
2. Щегинков Е. С. Физика горения газов.— М.: Наука, 1965.

г. Днепропетровск

Поступила в редакцию 28/IV 1989,
после доработки — 24/X 1989

УДК 536.46 : 629.7

Н. Н. ПАНЧЕНКО

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОЛЕБАНИЙ ДАВЛЕНИЯ С ПРОЦЕССОМ ГОРЕНИЯ

При сжигании топлив в форсированных топочных устройствах, например камерах сгорания ГТД, существенное значение приобретает шум, генерируемый пламенем [1]. Из-за корреляции между пульсациями давления и скорости этот шум может оказывать влияние на горение, изменяя его характеристики, или даже вызывать вибрационное горение [2]. В [3] изучалось влияние звука на открытый диффузионный факел с целью управления процессом горения. Обнаружено, что в зависимости от частоты колебаний давления изменяется распределение средней температуры.

В настоящей работе предпринята попытка экспериментального изучения акустических характеристик пламени при воздействии на него колебаний давления. В экспериментах использовалась струйная горелка, работающая на перемешанных воздухе и пропане. Диаметр выходного отверстия горелки — 4 мм. Горелка 9 (рис. 1) размещена в нижнем торце акустического резонатора 1 и акустически задемпфирована от системы подачи. Длина акустического резонатора — 1070 мм подобрана из расчета, чтобы его собственные акустические частоты определялись соотношением $f_n = 200n$, где $n = 1, 2, 3, \dots$ — номера гармоник. Кроме этого, резонатор работал как гельмгольцевский на частоте 50 Гц.

Акустические колебания генерировались генератором электрических колебаний ГЗ-118 4, сигнал с которого контролировался цифровым частотомером ЧЗ-35 5 и усиливался усилителем мощности ТУ-100 3, после чего подавался на электродинамическую головку ЭДГ-10 2. Возмущения давления регистрировались электретным микрофоном МКЭ-2 8, затем усиливались измерительным усилителем У5-10 7. Спектральный состав сигнала изучался третьоктавным анализатором спектра 01-024 (ГДР) 6.

В экспериментах суммарный расход топлива составлял 0,12 г/с, скорость истечения горючей смеси — 4,1 м/с. На одной из собственных акустических частот резонатора возбуждали регулярные колебания давления различной интенсивности. При этом регистрировался уровень шума на всех резонансных частотах до 1000 Гц. Эксперименты повто-

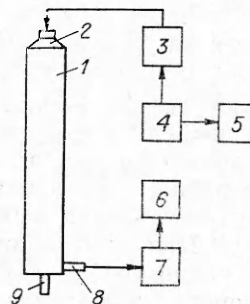


Рис. 1. Схема экспериментальной установки и системы измерений.

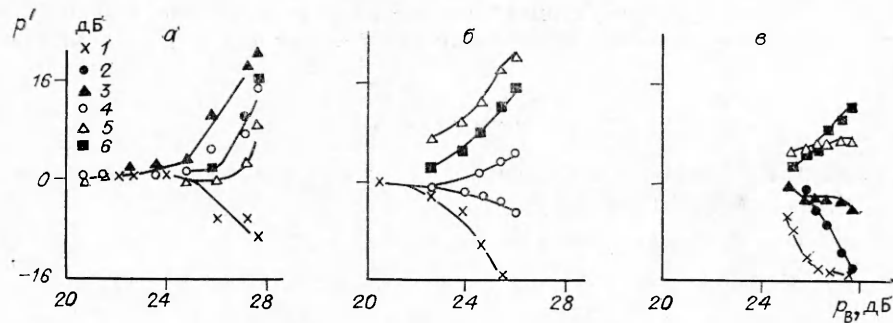


Рис. 2. Уровни возмущений давления на резонансных частотах.
 f_v , Гц: а — 208, б — 415, в — 610. p' , Гц: 1 — 50, 2 — 200, 3 — 400, 4 — 630, 5 — 800, 6 — 1000.

ряли при различных значениях коэффициента избытка окислителя α .

Для исключения ошибок, связанных с нелинейными характеристиками мембраны электродинамической головки и цепи генерации, усиления и регистрации электрических колебаний, сделаны замеры в отсутствие горения. Они показали, что погрешности, вызванные нелинейными эффектами, не выходят за пределы точности настройки аппаратуры и проводимых измерений.

Результаты экспериментов представлены на рис. 2 и 3. По оси абсцисс отложен уровень возмущений давления p'_v , возбуждаемых в зоне горения на заданной частоте f_v , по оси ординат — уровень возмущений давления p' на исследуемой частоте f_m . Для удобства сопоставления данных, уровни возмущений давления приведены в децибеллах, в качестве опорных значений приняты соответствующие уровни шума пламени, измеренные в отсутствие вынужденных колебаний. На рис. 2 показаны результаты экспериментов по изучению поведения спектральных компонентов шума в зависимости от частоты и интенсивности вынужденных колебаний. Видно, что низкочастотные (по отношению к f_v) компоненты спектра уменьшаются с ростом p'_v , а высокочастотные растут.

Наиболее чувствительно к внешним пульсациям давления корневое сечение струи газа [4], где поперечные градиенты скорости в слое смещения наибольшие. В этом случае облучение факела акустическими колебаниями на частоте f_v способствует разрушению крупномасштабных вихрей, ответственных за низкочастотные компоненты спектра шума, и росту мелкомасштабных, ответственных за высокочастотные компоненты. Особенно подвержены воздействию компоненты спектра на удвоенных частотах. При $f_v = 208$ Гц (первая акустическая мода колебаний) наиболее сильно меняется уровень шума на второй акустической моде ($f_m = 400$ Гц) (рис. 2, а), а при $f_v = 415$ Гц (вторая акустическая мода) — на четвертой ($f_m = 800$ Гц) (рис. 2, б). Такое удвоение частоты обусловлено тем, что акустические возмущения в пламенах генерируются при ускорении фронта горения [1], поэтому за один период гидродинамических возмущений в струе газа, вызванных внешним акустическим полем, дважды ускоряется фронт горения, приводя к колебаниям давления на удвоенной частоте.

Влияние акустических колебаний на горение начинает проявляться при $p'_v = 20 \div 24$ дБ. Вероятно, это вызвано конечным уровнем турбулентности в струе газа, истекающего из горелки, так как уровень пульсаций скорости, генерируемых при взаимодействии колебаний давления с процессом горения, должен превысить уровень собственных турбулентных пульсаций в струе газа.

При изменении соотношения компонентов топлива в сторону увеличения избытка одного из них уменьшается энерговыделение в зоне горения и, как следствие, увеличивается длина факела, снижаются градиенты усредненных параметров, что ослабляет чувствительность пламени к внешним акустическим возмущениям.

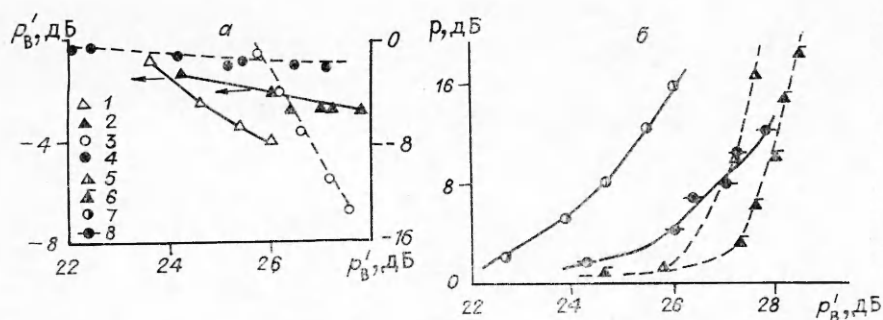


Рис. 3. Влияние $\alpha = 1,0$ (1, 3, 5, 7), $\alpha = 3,2$ (2, 4, 6, 8) на чувствительность пламени к внешнему воздействию.
 f_M , Гц: а — 200, б — 1000. f_B , Гц: 1 — 415, 2 — 390, 3 — 610, 4 — 575, 5 — 208, 6 — 203, 7 — 415, 8 — 390.

На рис. 3 представлены уровни возмущений давления на резонансных частотах при воздействии на фронт пламени с частотой, более высокой по отношению к той, на которой регистрируется сигнал (рис. 3, а), и низкой (рис. 3, б), при различных значениях α . Видно, что с ростом α чувствительность горения к внешнему воздействию уменьшилась.

В проведенных экспериментах уровень пульсаций давления, генерируемых пламенем, составлял единицы паскалей. В реальных топочных устройствах уровни шумов на несколько порядков выше, поэтому обнаруженные эффекты могут проявляться в результате самовоздействия акустического шума, генерируемого пламенем, на процесс горения.

Автор благодарит В. Р. Кузнецова за полезное обсуждение работы, способствовавшее ее улучшению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патнэм А., Фолкнер Л. *Аэрокосмическая техника*, 1985, 3, 7.
2. Ballal D. R. *AIAA J.*, 1986, 24, 7.
3. Лукачев С. В., Матвеев С. Г. *Изв. вузов. Авиационная техника*, 1988, 2.
4. Власов Е. В., Гиневский А. С. Когерентные структуры в турбулентных струях п следов // *Итоги науки и техники/ВИНИТИ. Сер. МЖГ*, 1986, 20.

г. Москва

Поступила в редакцию 28/II 1989,
 после доработки — 29/I 1990

УДК 662.581

А. Н. ЛЕОНОВ, М. Б. ИСМАИЛОВ

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ НАТРИЯ С КИСЛОРОД-, ХЛОРО- И СЕРУСОДЕРЖАЩИМИ ОКИСЛИТЕЛЯМИ В РЕЖИМЕ ГОРЕНИЯ

Металлотермические процессы широко применяются во внепечной металлургии [1—3], пиротехнике [4—6], получении материалов методом СВС [7—9] и других отраслях техники, в связи с чем велик интерес к их исследованию. Однако такие процессы изучены слабо вследствие известных экспериментальных трудностей исследования реакций с участием конденсированных продуктов.

Взаимодействие азиды натрия с оксидами, хлоридами, сульфидами на практике имеет место при горении азотгенерирующих пиросоставов [5, 10, 11], известно горение смесей азиды натрия и металлов с образованием нитридов [12, 13]. В то же время смеси азиды натрия с окислителями представляют собой модельные системы, удобные для изуче-