

нужно лишь подставлять эффективные значения напряжения и тока. Описанные выше электроразрядные источники звука могут использоваться при акустической диагностике различных камер сгорания и энергетических устройств, что было показано на модельных экспериментах [8, 10, 12].

В заключение автор благодарит Я. Б. Зельдовича и В. Б. Либровича за интерес к работе, ее обсуждение и ценные замечания.

Поступила в редакцию 24/IV 1984,  
после доработки — 31/VII 1984

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Кидин, В. Б. Либрович. ФГВ, 1977, 13, 5.
2. Н. И. Кидин, В. Б. Либрович. Archivum thermodynamiki i spalania, 1977, 8, 2.
3. N. Kidin, N. Medvedev e. a. Acoustic Letters, 1980, 3, 12.
4. J. K. Rurchard. Comb. Flame, 1969, 13, 1.
5. W. R. Babcock, K. L. Baker, A. G. Cattaneo. Nature, 1967, 216, 5116.
6. M. S. Sodha, V. K. Tripathi, J. K. Sharma. Acustica, 1978, 40.
7. S. A. Abrukov, V. P. Borisov, N. I. Kidin e. a. V International Symposium on Combustion Processes, Krakov, 1977.
8. В. П. Борисов, В. Г. Васильев, Н. А. Медведев. — В кн.: Физика горения и методы ее исследования. Чебоксары, 1979.
9. N. Medvedev, M. Vuillermoz, J. Roberts e. a. Proc. Inst. Acoustics. Spring Conference, London, 1980.
10. N. Medvedev, M. Vuillermoz, J. Roberts. Comb. Flame, 1982, 44, 3.
11. N. I. Kidin, V. B. Librovich e. a. Prog. Astron. and Aeron., 1983, 88.
12. S. Abrukov, N. Kidin e. a. Arch. Comb., 1983, 3, 1.
13. В. В. Афанасьев, Н. И. Кидин и др. — В кн.: Физика горения и методы ее исследования. Чебоксары, 1982.

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГОРЕНИЯ ВОДОРОДОКЕРОСИНОВОГО ТОПЛИВА В ПРЯМОТОЧНОМ КАНАЛЕ

Ю. М. Аннушкин, Г. Ф. Маслов  
(Москва)

В [1] показано, что добавление в камеру сгорания двигателей небольшого количества водорода приводит к повышению полноты сгорания углеводородного топлива. Это объясняется промотирующим влиянием водорода. Более подробно вопрос об этом рассмотрен в работах [2, 3].

Применительно к прямооточному каналу при большой скорости потока газа (число Маха  $M_{к.с} = 0,45 \div 0,7$ ) и высокой температуре воздуха на входе в канал ( $T_{в}^* = 1000 \div 1200$  К) влияние доли водорода на повышение эффективности горения комбинированного водородокеросинового топлива показано в работе [4]. Однако приведенные в [4] данные не позволяют количественно оценить изменение полноты сгорания топлива с увеличением в нем относительного содержания водорода при различных режимах работы. Цель предлагаемой работы — более детальное исследование влияния доли водорода в комбинированном топливе на полноту его сгорания при температурах торможения воздуха  $T_{в}^* = 630 \div 650$  К и водорода  $T_{т}^* = 300 \div 720$  К.

Исследования проводили в цилиндрической модельной камере сгорания диаметром 190 и длиной 553 мм (рис. 1). На выходе из камеры устанавливали сужающееся сопло с отношением площадей  $F_{кр}/F_{г} = 0,5$ . В качестве топлива использовали керосин и газообразный водород при совместном и раздельном их сжигании в камере. Керосиновый коллектор содержал 8 центробежных форсунок (шнековых двухзаходных), равноотстоящих друг от друга по окружности на стенке обечайки, и распо-

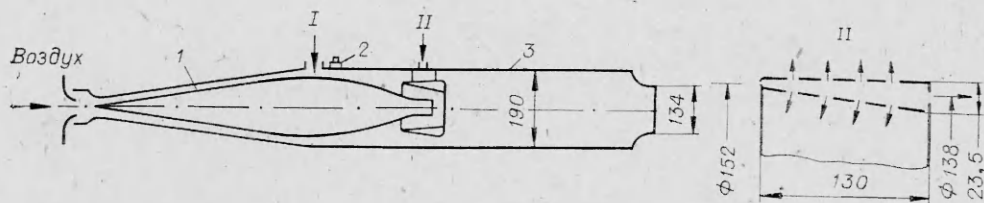


Рис. 1. Экспериментальная модель.

1 — воздухозаборник; 2 — пусковое устройство; 3 — камера сгорания. I — керосиновый коллектор; II — водородный коллектор.

лагался на расстоянии 358 мм от рециркуляционной зоны стабилизатора пламени, что обеспечивало частичное предварительное испарение капель топлива. Ширина воздушного кольцевого канала в месте расположения форсунок составляла 17 мм.

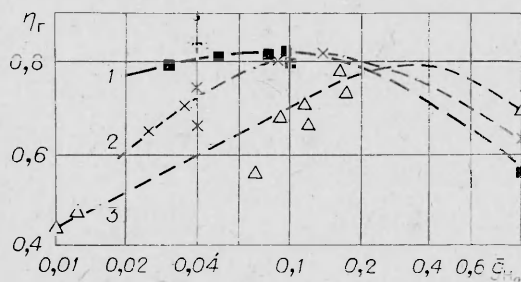
Водородный коллектор совмещался со стабилизатором пламени. Общее количество водородных сопел 336 (по 48 отверстий с  $d = 3$  мм, направленных по и против потока воздуха и 240 отверстий с  $d = 2$  мм поперек потока). Водородный коллектор такой конструкции выбран для получения большого объемного водородного пламени, в котором должны испариться и сгореть капли керосина.

Методика экспериментального исследования основана на определении полноты сгорания топлива по потоку импульса на выходе из сопла, который рассчитывался по измеренной тяге и потоку импульса на входе в модель. Для этого модель устанавливали на тягоизмерительном станке в барокамере. Подвижность ее соединения со стендовым трубопроводом обеспечивалась лабиринтным уплотнением. Топливо в камере сжигали следующим образом: вначале подавался и воспламенялся водород, затем впрыскивался керосин, капли которого перемешивались с воздухом и, частично испарившись, достигали стабилизатора пламени, воспламенялись и сгорали. Эксперименты проводили при суммарном коэффициенте избытка воздуха  $\alpha_{\Sigma} = 1,2 \div 2$  и относительном содержании водорода в комбинированном топливе  $g_{H_2} = 0 \div 1$ . Давление в камере сгорания до подачи топлива равнялось 4 кПа. Обработка экспериментальных данных проведена по методике, изложенной в [4].

Анализ показывает (рис. 2), что с увеличением относительного содержания водорода в комбинированном топливе при малых значениях этих величин ( $g_{H_2} = 0,1 \div 0,2$ ) горение становится более эффективным (увеличивается полнота сгорания топлива  $\eta_r$  при всех  $\alpha_{\Sigma}$ ). Объясняется это увеличением объема водородного пламени (большая ширина и протяженность при большем  $g_{H_2}$ ), времени пребывания топливных капель в области сильно нагретого газа и ростом промотирующего действия водорода на горение керосина [2, 3].

Полнота сгорания комбинированного топлива имеет максимум при некотором оптимальном относительном содержании водорода. Уменьшение  $\eta_r$  объясняется тем, что с увеличением расхода водорода при отсутствии его начального равномерного распределения по площади сечения камеры (один кольцевой сопловой блок при слабой боковой раздаче струй водорода) ухудшается его перемешивание с воздухом. На задан-

Рис. 2. Эффективность горения комбинированного водородо-керосинового топлива;  $\alpha_{\Sigma} = 1,2$  (1), 1,6 (2), 2,2 (3).



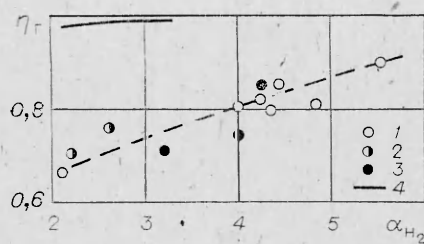


Рис. 3. Эффективность горения водорода в экспериментальной модели.

1 —  $T_{\text{B}}^* = T_{\text{H}_2}^* = 228 \text{ K}$ ; 2 —  $T_{\text{B}}^* = 228 \text{ K}$ ,

$T_{\text{H}_2}^* = 308 + 385 \text{ K}$ ; 3 —  $T_{\text{B}}^* = 526 +$

$+543 \text{ K}$ ,  $T_{\text{B}}^* = 648 \text{ K}$ , 4 — расчет [5] при условии равномерного распределения топливных сопел по площади поперечного сечения камеры сгорания и подачи топлива по потоку.

ной длине камеры он сгорает с меньшей эффективностью (рис. 3), уменьшая суммарную полноту сгорания топлива.

С уменьшением  $\alpha_{\text{H}_2}$ , т. е. с форсированием режима работы камеры сгорания, оптимальное значение  $g_{\text{H}_2}$  становится меньше (см. рис. 2). Это объясняется, во-первых, все тем же уменьшением полноты сгорания водорода с увеличением его расхода из-за ухудшения перемешивания с воздухом (уменьшение  $\alpha_{\text{H}_2}$  ведет к увеличению расхода водорода при  $g_{\text{H}_2} = \text{idem}$ ) и, во-вторых, тем, что форсирование режима увеличивает температуру горения с образованием большего количества активных центров в зоне горения (в виде атомов и радикалов), что ускоряет реакцию и уменьшает роль водорода в ускорении процесса горения.

Поступила в редакцию 9/XI 1983,  
после доработки — 28/VIII 1984

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П. М. Канило. Токсичность ГТД и перспективы применения водорода. Киев: Наук. думка, 1982.
2. А. Е. Вишневецкий, Л. А. Гуссак, И. Б. Самойлов. Докл. АН СССР, 1977, 232, 2, 363.
3. В. Я. Басевич, С. М. Когарко. ФГВ, 1969, 5, 1, 99.
4. Ю. М. Аннушкин, Г. Ф. Маслов. ФГВ, 1982, 18, 2, 30.
5. Ю. М. Аннушкин. ФГВ, 1981, 17, 4.

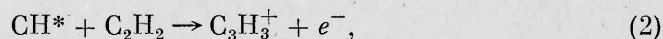
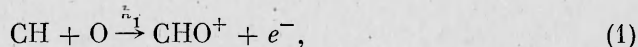
### ИОННЫЙ СОСТАВ ПЛАМЕН ПРОПАН — БУТАН — ВОЗДУХ ПРИ ПОНИЖЕННОМ ДАВЛЕНИИ

А. Б. Фиалков, Б. С. Фиалков

(Караганда)

В последнее время происходит изменение взглядов на роль ионов в процессе горения. Интенсивно исследуется участие заряженных частиц в образовании и росте зародышей сажи [1—4], в процессах воспламенения [5] и горения [6—8]. Однако основные вопросы, связанные с механизмами образования первичных и последующих ионов, с ролью ионов в процессах горения остаются неясными.

В пламенах зарегистрировано несколько десятков различных ионов, номенклатура которых зависит от вида топлива и условий горения, а концентрации могут достигать  $10^{12} \text{ см}^{-3}$  [8—10]. Предполагается, что первичными ионами могут быть  $\text{CHO}^+$  и  $\text{C}_3\text{H}_3^+$  [1—4, 10, 11 13—15]; возможные реакции химионизации:



$$k_1 = (1 \div 3) \cdot 10^{-12} \text{ см}^3/(\text{молек} \cdot \text{с}) \quad [11—13].$$

В работах [8—11, 13] реакция образования первичного иона  $\text{CHO}^+$  считалась основной или единственной, но в последнее время главным об-