

6. Belardini P., Bertoli C., Corcione F. E. et al. Mech. Eng., 1983, C86/83.
7. Kegami M. I., Miwa K., Inada M. // Bull. JSME, 1981, 24, 195.
8. Halstead M. P., Kirsch L. J., Quinn C. P. Comb. Flame, 1977, 30, 45.
9. Baev V. K., Bazhaikin A. N., Buzukov A. A. et al. // 19th Intern. Coll. on Dynamics of Explosions and Reactive Systems, 1984.
10. Shiozaki T., Suzuki M., Shimoda M. SAE Techn. Pap. Ser.— 1980.— N 800025.
11. Kuniyoshi H., Tanabe H., Sato G. T. et al. SAE Techn. Pap. Ser.— 1980.— N 800968.
12. Mechel I. N., Quillian R. D. SAE Techn. Pap. Ser., 656A/Automotive Engng Congr., 1963.
13. Лернер М. О. Химические регуляторы горения моторных топлив.— М.: Химия, 1979.
14. Борисов А. А., Заманский В. М., Лисянский В. В. и др. Хим. физика, 1987, 6, 1, 100.
15. Daily J. W. SAE Techn. Pap. Ser.— 1987.— N 870165.
16. Westbrook C. K. UCRL-95037 prepr.
17. Kaiser E. W., Westbrook C. K., Pitz M. J. Intern. J. Chem. Kinet., 1986, 18, 655.
18. Pitz W. J., Westbrook C. K. Comb. Flame, 1983, 63, 113.
19. Westbrook C. K., Creighton J., Lund C. et al. J. Phys. Chem., 1977, 81, 2542.
20. Westbrook C. K., Dryer F. L. Comp. Sci. Technol., 1979, 20, 125.
21. Westbrook C. K., Dryer F. L., Schug K. P. 19th Symp. (Intern.) on Combustion.— Pittsburgh, 1983.
22. Westbrook C. K., Pitz W. J. Comb. Sci. Technol., 1984, 37, 117.
23. Westbrook C. K., Pitz W. J., Proscia W. M. et al. // 20th Symp. (Intern.) on Combustion.— Pittsburgh, 1985.
24. Axelsson E., Brezinsky K., Dryer F. L. et al. // 12th Symp. (Intern.) on Combustion.— Pittsburgh, 1986.
25. Natarayan B., Bracco F. V. Comb. Flame, 1984, 57, 179.
26. Stull D. R., Prophet H. JANAF Thermochem. Tables.— Michigan. 1971.
27. Cukier R. I., Fortuin C. M., Shuler K. E. et al. J. Chem. Phys., 1973, 59, 8.
28. Schaibly J. H., Shuler K. E. J. Chem. Phys., 1973, 59, 8.

г. Алма-Ата

Поступила в редакцию 16/V 1989,
после доработки — 12/X 1989

УДК 532.529

С. И. Барановский, И. В. Коновалов

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ПРОНИКНОВЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ СТРУЙ НА ГОРЕНИЕ В СВЕРХЗВУКОВОЙ КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

Интенсивное исследование горения в сверхзвуковых камерах сгорания проводится давно [1—4], но до сих пор многие элементы этого процесса не исследованы в достаточной степени. Так, для камер сгорания с многоструйной системой смесеобразования, когда топливо подается в поток со стенок, до сих пор остается открытым вопрос о влиянии геометрических и режимных параметров топливных струй на развитие процесса. В данной работе основное внимание уделено влиянию относительной глубины проникновения струй газообразного водорода, подаваемых со стенок в сверхзвуковой сносный поток, на самовоспламенение и горение в камере сгорания постоянного по длине поперечного сечения.

Исследование проводилось на охлаждаемой водой экспериментальной установке (рис. 1), которая состоит из бензинового подогревателя воздуха 1, присоединенного к нему сверхзвукового сопла 2 на число Маха $M = 2,5$, инжекторного отсека 3 и двух жаровых труб 4. Размеры поперечного сечения рабочей части 100×50 мм. Продукты сгорания на выходе из подогревателя обогащаются кислородом до процентного содержания кислорода в воздухе. Температура воздуха $T_{0\infty}$ в подогревателе поддерживалась равной 1850 К. Статическое давление на срезе сопла равнялось атмосферному. На расстоянии 40 мм от среза сопла в первом отсеке выполнены круглые отверстия — инжекторы, диаметром $D_j = 1,5$ мм. На нижних стенках инжекторного отсека и жаровых труб имеются дрена-

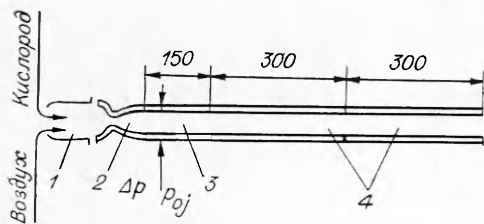


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

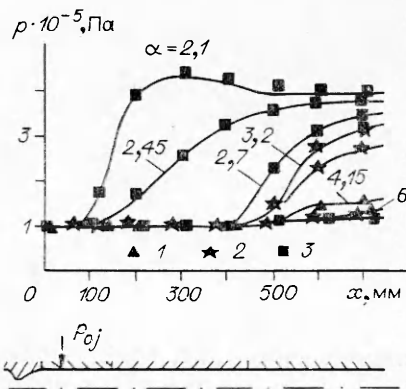


Рис. 2. Зависимость статического давления по длине камеры сгорания постоянного сечения.

жные отверстия, к которым присоединены датчики давления типа МДД. Толщина пограничного слоя в сечении инжекции, измеренная плоским насадком полного давления, составляет 4 мм. Водород при полной температуре $T_{0j} = 290$ К и давлении p_{0i} до $85 \cdot 10^5$ Па подавался с противоположащих стенок в камеру через варьируемое количество инжекторов $N = 2$ — по одному инжектору на стенке (по оси инжекторного отсека), 3 — на противоположащих стенках два (расстояние между инжекторами 50 мм) и один инжектор (по оси инжекторного отсека), 4 — по два инжектора на противоположащих стенках (расстояние между инжекторами 50 мм).

Начало горения определялось по повышению статического давления на стенках камеры. Еще в первых опытах по исследованию горения в сверхзвуковых камерах отмечено, что при росте расхода топлива и соответственно уменьшении коэффициента избытка воздуха α кривая изменения статического давления по длине камеры перемещается вверх по потоку. Это объясняется передачей возмущений по дозвуковой части пограничного слоя и является основой механизма «псевдоскачка», который возникает в канале при определенных значениях α .

При перемещении точки начала роста давления вверх по потоку от сечения инжекции процесс может существенно и, как правило, негативно влиять на работу предшествующих камере сгорания элементов двигателя. Сегодня еще отсутствуют методы оценки этого влияния и его последствий, поэтому в данной работе такие режимы не приводятся.

На рис. 2 представлены зависимости статического давления по длине камеры сгорания постоянного сечения. Видно, что при изменении α от ∞ до 6,3 ($N = 2$), 4,5 ($N = 3$) и 3,15 ($N = 4$) (точки 1—3) практически не изменяется статическое давление по длине камеры сгорания. Это объясняется тем, что из-за небольшой глубины проникновения струи находятся в области относительно холодного пограничного слоя, которая переобогатена топливом и где процессы смешения, а тем более горения протекают медленно. По существу этот режим соответствует диффузионному горению пристенной плоской струи водорода с существенной поддержкой воспламенения.

Увеличение расхода топлива повышает давление в кормовой части камеры сгорания. Величина изменения α , необходимая для перехода от режима постоянного давления (отсутствие процесса горения или его вялое протекание) к режиму его плавного нарастания (интенсивное горение), соответствует следующим значениям: для $N = 2$ $\alpha = 6,3 \div 6$; для $N = 3$ $\alpha = 4,15 \div 3,85$; для $N = 4$, $\alpha = 3,15 \div 3$ (см. рис. 2, 1—3 соответственно).

Из приведенных выше результатов видно, что для постоянного значения α уменьшение количества инжекторов приводит к более раннему (по нарастанию расхода водорода) началу процесса горения, что, по-ви-

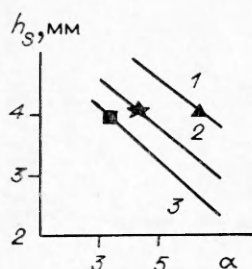


Рис. 3. Зависимость глубины проникновения от коэффициента избытка воздуха для различных сечений варьируемых параметров.

димому, связано с ростом глубины проникновения струй топлива в сно-
сущий сверхзвуковой поток воздуха.

На рис. 3 приводятся зависимости $h_s(\alpha)$. Точки на кривых соответ-
ствуют режимам работы камеры сгорания, при которых наблюдается
начало повышения давления. Видно, что для всех случаев величина гл-
бины проникновения приблизительно равнялась 4,2 мм, а как отмеча-
лось ранее, начальная толщина пограничного слоя на входе в камеру
составляла 4 мм. Следовательно, подъем струй топлива над погранич-
ным слоем соответствует переходу на режим интенсивного горения.

Таким образом, отношение глубины проникновения к толщине погра-
ничного слоя в месте инжекции является фактором, существенно влия-
ющим на эффективность процесса горения в многоструйных сверхзвуко-
вых камерах сгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Строкин В. М., Рожицкий С. М. // Химическая физика процессов горения и взры-
ва.— Черногловка, 1977.
2. Роджерс Р., Эгерс Дж. РТК, 1974, 12, 12, 8.
3. Биллиг Ф., Даггер Дж., Волтрон Р. // Тр. 1 Международного симпозиума по
РПД.— Марсель, 1972.
4. Чернов В. Л., Киселева Е. И. // Кинетика и аэродинамика процессов горения топ-
лив.— М.: Наука, 1969.

г. Москва

Поступила в редакцию 7/II 1989,
после доработки — 19/IX 1989

УДК 536.533 + 532.51

Т. А. Боднарь

ТЕПЛОВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТОЧНОГО ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА С НЕПОДВИЖНЫМ СЛОЕМ КАТАЛИЗАТОРА

Рассматривается проточный химический реактор, принцип работы ко-
торого приведен в [1]. Реактор представляет собой трубу радиуса r_0 , за-
нимающую по длине пространство от $x = -\infty$ до $x = \infty$ и включающую
три зоны. Средняя ($0 \leq x \leq L$), заполненная насадкой из частиц ката-
лизатора, является реакционной. Две другие — входная ($-\infty < x < 0$)
и выходная ($L < x < \infty$) — заполнены насадкой из частиц, аналогичных
по своим физическим свойствам частицам катализатора, которые нахо-
дятся в реакционной зоне, но не обладают каталитическими свойствами.
Жидкость или газ поступают в реактор при $x = -\infty$ и на участке $-\infty <$
 $x < 0$ имеют постоянную температуру T_0 . В реакционной зоне реаги-
рующие молекулы перегруппировываются, в результате образуются ко-
нечные продукты и выделяется тепловая энергия. Течение жидкости или

© 1990 Боднарь Т. А.

68