

давлений требует повышения плотности мощности инициирующего источника тепла.

Таким образом, полученные данные позволяют принять изложенную выше точку зрения на процесс лазерного зажигания ВВ в качестве исходной. При этом авторы обращают еще раз внимание на то, что общность протекающих при лазерном инициировании процессов, в силу многообразия картины, может быть понята только через призму конкретного анализа экспериментальных условий. Поэтому при сравнении результатов различных публикаций необходимо тщательное сопоставление этих условий, что повышает требования к точности и подробности их описания, по крайней мере до тех пор, пока не выработается единая методика измерений, исключающая влияние неучтенных факторов на результат исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бриш А. А. и др. ФГВ, 1969, 5, 4, 475.
2. Иванов А. П. Оптика рассеивающих сред.— Минск: Наука и техника, 1969.
3. Франк-Каменецкий Д. А. Моделирование траекторий нейтронов при расчете реакторов методом Монте-Карло.— М.: Атомиздат, 1978.
4. Соболев И. М. Численные методы Монте-Карло.— М.: Наука, 1973.
5. Александров Е. И., Ципилев В. П. ФГВ, 1984, 20, 6, 104.
6. Александров Е. И. // Химическая физика процессов горения и взрыва. Горение конденсированных систем.— Черногоровка, 1986.
7. Александров Е. И., Вознюк А. Г. ФГВ, 1978, 14, 4, 86.
8. Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике.— М.: Изд-во АН СССР, 1967.
9. Александров Е. И., Ципилев В. П. ФГВ, 1981, 17, 5, 77.
10. Зельдович Я. Б. Химическая физика и гидродинамика.— М.: Наука, 1984.
11. Новожилов Б. В. Нестационарное горение твердых ракетных топлив.— М.: Наука, 1973.
12. Быхало А. И. и др. ФГВ, 1985, 21, 4, 110.
13. Кузнецов В. Т., Скорик А. И. ФГВ, 1977, 13, 3, 271.
14. Дик И. Г., Зурер А. Б., Кузнецов В. Т. ФГВ, 1979, 15, 3, 77.
15. Волкова А. А., Зинченко Д. Д., Санин И. В. и др. ФГВ, 1977, 13, 5, 760.
16. Dauge G., Giranden J. P., Ficat R. // 15th Symp. Comb. Tokyo, 1974.— Pittb., Pa, 1974.
17. Карабанов Ю. Ф., Боболев В. К. // Горение конденсированных систем.— Черногоровка, 1977.
18. Долголаптев А. В., Иоффе В. Б. и др. // Совершенствование технологии добычи угля подземным способом.— М.: ИГД им. А. А. Скочинского.— Вып. 213.

Поступила в редакцию 11/V 1987

УДК 629.7.036.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ ПРИ ВПРЫСКЕ ТОПЛИВА В НАГРЕТЫЙ ВОЗДУШНЫЙ ПОТОК

В. Б. Рутовский, А. Н. Куляпин, А. Д. Жданов
(Москва)

В настоящей работе исследовались характеристики самовоспламенения (температура T_v и период задержки τ_z бензина Б-70 и керосина ТС-1) при впрыске в нагретый воздушный поток. Кинетика предпламенных процессов и механизм теплоотвода от очага реакции могут приводить к различным значениям характеристик самовоспламенения, так как последние зависят от конкретных условий эксперимента. Поэтому ответ об определении T_v и τ_z в реальных условиях можно дать только при экспериментальных испытаниях на модельных установках. При этом необходимо учитывать влияние изменяющихся параметров: давления, скорости, соотношения топливно-воздушных характеристик распыла топлива α .

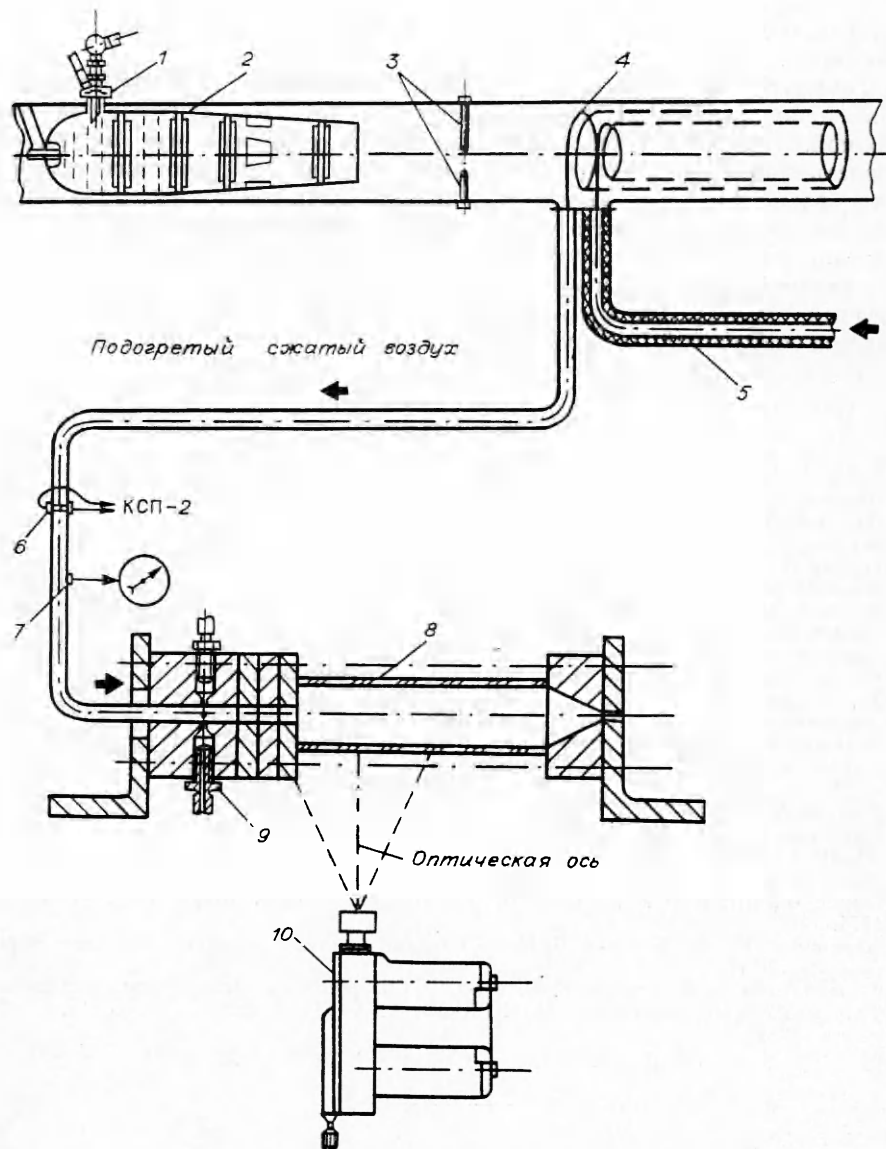


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

1 — пусковой блок камеры подогрева; 2 — жаровая труба ГТД; 3 — термопары ТХА (4 шт.); 4 — двухкаскадный теплообменник; 5 — нагревательный ленточный элемент ЭНГЛ-180; 6 — термопары ТХА (2 шт.); 7 — датчик статического давления; 8 — камера сгорания; 9 — штуцер подачи топлива; 10 — кинокамера СКС-1.

Для оценки эксплуатационных свойств указанных топлив создана экспериментальная установка, позволяющая проводить исследования при следующих параметрах воздушного потока: давление $p_0 \leq 20 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$, температура $T_0 \leq 1100 \text{ К}$, скорость $w_0 = 20 \div 100 \text{ м/с}$. Схема установки представлена на рис. 1. Воздух подогревался в трубопроводе с помощью ленточного элемента ЭНГЛ-180 и двухкаскадного спирального теплообменника, установленного в воздухопроводе камеры подогрева, представляющей собой жаровую трубу камеры сгорания ГТД. Теплообменник изготовлен из стальной трубки диаметром 14 мм и усилен ребрами жесткости для предотвращения деформации спирали. Рабочая модель представляет собой камеру сгорания прямоточного типа со стабилизацией пламени на уступе. Она состоит из нескольких взаимозаменяемых секций. Входной диаметр равен 8 мм, а диаметр камеры 8, 20, 22 и 28 мм. Для визуального наблюдения процесса самовоспламене-

ния использовался набор кварцевых трубок. Топливо в камеру подавали вытеснительной системой через струйные форсунки с диаметром отверстий 0,3 мм. Они распределены равномерно по окружности и расположены в стенках камеры, обеспечивая впрыск топлива под углом 90° к набегающему воздушному потоку. Расстояние от уступа до места подачи топлива 40 мм. Средний диаметр капель $D_{32} = 40 \div 100$ мкм (в воздушном потоке без подогрева).

В процессе испытаний предварительно подогретый воздух подается в камеру сгорания. При температуре на входе на $50-100^\circ\text{C}$ ниже ожидаемой температуры самовоспламенения через форсунки поступает определенное количество топлива ($\alpha = 0,8 \div 1,2$). Воздух при этом подогревается до тех пор, пока в зоне внезапного расширения камеры не появится устойчивое пламя. Одновременно с этим фиксируются данные измерений температуры, давления, расходных характеристик. По условиям эксперимента за T_b принимается температура набегающего воздушного потока на входе в камеру. Затем определяется τ_a , которая регистрируется при заранее известной T_b . Сразу после впрыска топлива в поток сигналы датчика давления топлива, ионизационного датчика и фотодиода ФД-8К регистрируются высокоскоростным осциллографом К-121. С подачей топлива давление в топливной системе падает, а после самовоспламенения растет амплитуда сигналов ионизационного датчика и фотодиода. Значение τ_a отсчитывается от начала впрыска топлива до резкого изменения сигнала указанных датчиков.

Из рис. 2 видно, что с ростом давления T_b уменьшается, при этом ее значение для керосина ТС-1 существенно ниже, чем для бензина Б-70. Это объясняется прежде всего тем, что у бензина, как у легко испаряющегося топлива процесс нагрева и воспламенения связан с большей потерей тепла при испарении. Известно, что T_b в значительной мере зависит от времени пребывания капель топлива в области высоких температур — циркуляционной зоне за уступом. Из [1] следует, что в ее центре и в застойной части время пребывания получается максимальным. Поэтому, несмотря на то, что в основном время пребывания в циркуляционной зоне почти постоянно, можно предположить, что источник самовоспламенения — ее центральная часть, характеризующая активными тепло- и массообменными процессами, значительными пульсациями потока. Как видно на рис. 2, с ростом диаметра расширяющего участка камеры сгорания от $d_{\text{кв}} = 20$ до 28 мм происходит снижение T_b ; τ_a при этом также уменьшается пропорционально расстоянию, на котором появляются первые вспышки пламени. Очевидно, что при впрыске топлива

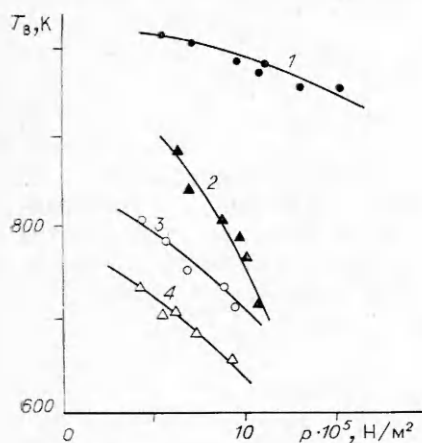


Рис. 2. Зависимость T_b от давления в камере сгорания.
 $d_{\text{кв}}$, мм: 1, 2 — 20, 3 — 22, 4 — 28; α :
 1, 2 — 1, 3, 4 — 0,8; топливо: 1 — Б-70,
 2—4 — ТС-1.

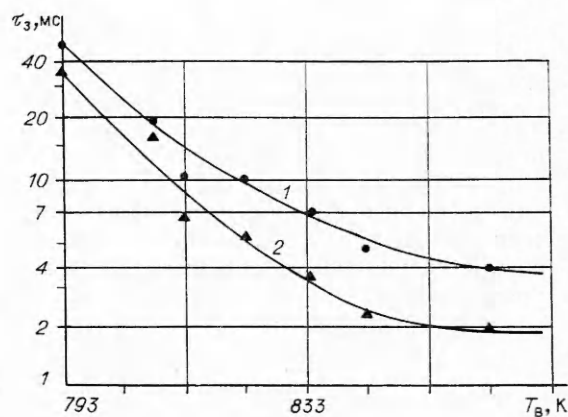


Рис. 3. Влияние температуры самовоспламенения на время задержки.
 1 — фотозлектрический метод измерения; 2 — ионизационный метод.

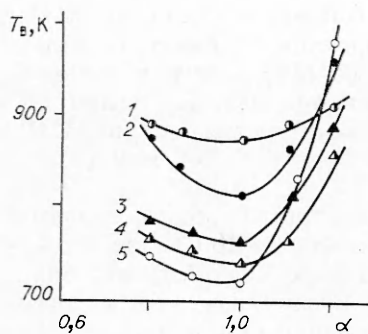


Рис. 4. Зависимость $T_b(\alpha)$.

$d_{КС} = 22$ мм; $p_{КС} \cdot 10^{-5}$, Па: 1 — 6,67, 2 — 8,46, 3 — 9,66, 4 — 9,96, 5 — 10,45.

рис. 3. Следует отметить, что разница в измерениях легко объяснима, так как ионизационный метод указывает развитие процесса самовоспламенения на стадии предпламенных химических реакций, а фотоэлектрический — слабое проявление голубых пламен.

Минимальные T_b получены при $\alpha = 0,95 \div 1,0$ для различных давлений (рис. 4). Значения T_b быстро увеличиваются при $\alpha = 1 \div 1,2$ и медленнее для $\alpha = 1 \div 0,8$. Общая тенденция изменения объясняется в первом случае недостаточным количеством топлива для поддержания устойчивого самовоспламеняющегося факела топлива, хотя локальные голубые свечения наблюдались и при меньших ТС. Для второго случая преобладающее влияние оказывает испарение топлива, значительно снижая температуру воздушного потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щетников Е. С. Физика горения газов.— М.: Наука, 1965.

Поступила в редакцию 20/Х 1986,
после доработки — 3/1Х 1987

УДК 536.46

К ВОПРОСУ О КРИТЕРИИ УСТОЙЧИВОСТИ ЗАЖИГАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО ВЕЩЕСТВА

С. И. Бажлан, В. Н. Вилмонов, И. Г. Дик

(Томск)

Известно [1, 2], что если длительность импульса t_e лучистого потока интенсивности q из некоторого диапазона $q_\infty < q < q_0$ окажется больше некоторого критического значения i_{cr} , то топливо, поджигаемое этим импульсом, гаснет, как только заканчивается облучение. Для нахождения критерия устойчивости зажигания численно исследуется математическая модель воздействия светового импульса на химически реагирующее конденсированное вещество. Эта модель состоит из нескольких уравнений:

теплопроводности

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{Q'}{c} \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{q(t)}{c\rho} \sigma e^{-\sigma(x-x_s)},$$

химической кинетики

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = (1 - \eta) z e^{-\frac{E}{RT}}$$