

ях постоянного объема при варьировании в широких пределах величинами нормальных скоростей горения, температур продуктов и молекулярных свойств (см., например, [6, 7]) показывает наличие корреляции крутизны начального участка K_p (рис. 4) от параметров $u_{н}/\kappa$ и D/κ . Такая зависимость в виде

$$K_p \sim \sqrt{\frac{u_{н} l}{\kappa} \left(1 + \frac{D}{\kappa} |\Delta \alpha|^{1/2}\right)}$$
, где l — интегральный масштаб турбулентности, вполне прилично описывает имеющийся экспериментальный материал. С учетом этого можно предложить оценочную зависимость $w = u_{н} + \frac{4}{8} K_p u_{н}' - \frac{0,17}{\sqrt{g}} \left(\frac{l}{\kappa} 10^{-3}\right) (u_{н}')^2$, которая с 20%-ной точностью соответствует скоростям выгорания исследованных смесей. Зависимость такого рода позволяет предсказать в условиях реального двигателя турбулентные скорости выгорания для разных режимов работы. При этом, естественно, следует при моделировании горения в реальном двигателе использовать смеси с меньшими концентрациями инертного газа [8].

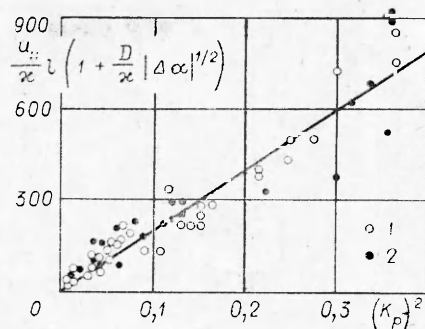


Рис. 4. Изменение крутизны начального участка зависимости турбулентной скорости выгорания от пульсационной при изменении параметров $u_{н}/\kappa$ и D/κ .

1 — поверхность ламинарных пламен гладкая; 2 — ячеистая.

Поступила в редакцию 26/XI 1980

ЛИТЕРАТУРА

1. В. П. Карпов, Е. С. Северин. ФГВ, 1980, 16, 1.
2. Я. Б. Зельдович. Теория горения и детонации газов. М.: Изд-во АН СССР, 1944.
3. Г. П. Баренблатт, Я. Б. Зельдович, А. Г. Истратов. МТФ, 1962, 4, 21.
4. А. Г. Истратов, В. Б. Либрович. ПММ, 1966, 30, 3, 451.
5. А. Г. Истратов, В. Б. Либрович. МТФ, 1966, 1, 67.
6. В. П. Карпов, Е. С. Северин. Докл. АН СССР, 1978, 239, 1, 123.
7. В. П. Карпов, Е. С. Северин. ФГВ, 1981, 17, 1, 137.
8. В. П. Карпов, Е. С. Северин. Всес. науч. конф. «Рабочие процессы в двигателях внутреннего сгорания» (тез. докл.). М., 1978.

УДК 614.841.12

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА НИЖНИЙ КОНЦЕНТРАЦИОННЫЙ ПРЕДЕЛ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ В АЭРОВЗВЕСЯХ

А. Я. Корольченко, А. В. Перов, Ю. Н. Шебеко
(Балашиха)

Работа посвящена исследованию температурной зависимости нижнего концентрационного предела воспламенения серы и бензойной кислоты.

Схема экспериментальной установки показана на рис. 1. В качестве реакционного сосуда использована труба из кварцевого стекла с внутренним диаметром 0,1 и высотой 0,4 м. Форма и геометрические размеры реакционного сосуда соответствуют рекомендациям стандартной методики измерения нижнего концентрационного предела воспламенения $\varphi_{н}$ аэровзвесей при нормальной температуре [1]. Намотанная на трубу спираль из нихромовой проволоки, помещенная в асбестовую изоляцию, обеспечивала нагрев воздуха внутри реакционного сосуда до 600°C. Температура измерялась хромель-копелевой термомарой, размещенной в центре сосуда по высоте и на 0,03 м от стенки. В качестве источника зажигания использована нагретая до температуры 1000—1050°C электрическая спираль. Примененная конструкция распылителя позволяла получать внутри реакционного сосуда относительно равномерное пылевое облако. Экспериментальная установка обеспечивала условия распространения пламени практически при атмосферном давлении.

Эксперименты проводились следующим образом. Реакционный сосуд нагревался до заданной температуры (предварительно проведенные опыты показали, что разность температур между двумя любыми точками внутри сосуда не превышала 5°). В форсунку помещалась навеска исследуемого вещества и включался источник зажигания. Импульсом сжатого воздуха из мерника (объем 10^{-5} м³, начальное давле-

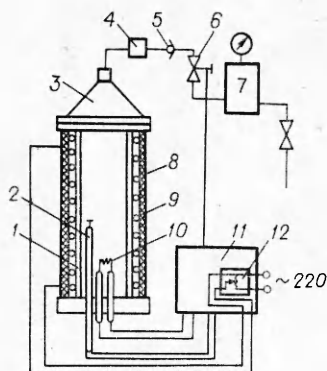


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

1 — реакционный сосуд; 2 — термопара; 3 — распылитель; 4 — форсунка; 5 — обратный клапан; 6 — электромагнитный вентиль; 7 — мерник; 8 — спираль нагрева трубы; 9 — асбестовая теплоизоляция; 10 — источник зажигания; 11 — измерительный блок; 12 — регулятор нагрева.

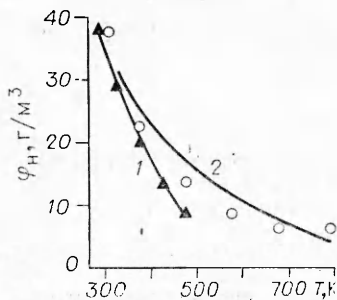


Рис. 2. Зависимость от температуры нижнего концентрационного предела серы (1) и бензойной кислоты (2).

Кривые — результаты расчета по формуле (2).

Учитывая, что величина v_v связана с T соотношением $v_v = v_v^0 \cdot T_0 / T$, где v_v^0 — число молей воздуха в 1 м^3 при $T_0 = 273 \text{ К}$, находим выражение для ϕ_n : $\phi_n = v_v^0 T_0 c_v / Q \cdot (T_{ад} / T - 1)$. Выражая величину $v_v^0 T_0 c_v / Q$ через значение ϕ_n^0 при T_0 с помощью выражения (1), получаем соотношение

$$\phi_n = \phi_n^0 \frac{T_{ад} / T - 1}{T_{ад} / T_0 - 1} \quad (2)$$

Сопоставление экспериментальных данных и вычисленных по соотношению (2) величин ϕ_n для серы и бензойной кислоты показано на рис. 2. Наблюдающееся удовлетворительное совпадение измеренных и предсказанных величин позволяет сделать вывод о преобладающей роли конвективно-кондуктивного механизма теплопередачи при распространении пламени в аэрозвесах серы и бензойной кислоты нижнепредельного состава.

Поступила в редакцию 1/X 1980

ЛИТЕРАТУРА

1. Гост 12.01.017-80. Пожаровзрывоопасность нефтепродуктов и химических органических продуктов. Номенклатура показателей.
2. Я. Б. Зельдович, В. В. Воеводский. Тепловой взрыв и распространение пламени в газах. М., 1947.

пне 200 кПа) навеска через распылитель вносилась в реакционный сосуд. Распространение пламени фиксировалось визуально. В опытах использовались образцы серы и бензойной кислоты X. Ч. с массовым содержанием примесей не более 0,1% и размером частиц 50—100 мкм.

Полученные по описанной установке зависимости показаны на рис. 2. С ростом температуры наблюдается монотонное снижение ϕ_n вплоть до температур, при которых происходит самовоспламенение аэрозвесей (230 для серы и 540°C для бензойной кислоты).

Введем условную термодинамическую температуру горения $T_{ад}$ частиц аэрозвесей, предполагая полное сгорание и пренебрегая неравномерностью распределения горючего в реакционном объеме, а также считая, что теплота, выделяющаяся при горении, расходуется только на нагрев воздуха. Возможность данного подхода показана в работе [2]. Расчет определенной таким образом температуры показал, что $T_{ад}$ с относительной точностью 10% сохраняется постоянной при изменении начальной температуры и составляет 570 К для серы и 1000 К для бензойной кислоты. Необходимо отметить, что реальные температуры горения частиц лежат в области более высоких температур, а рассчитанные $T_{ад}$ характеризуют температуру окислительной среды при полном сгорании частиц горючего. По-видимому, эти $T_{ад}$ близки к температурам зажигания частиц аэрозвесей.

Постоянство термодинамической температуры горения аэрозвесей на нижнем пределе при изменении начальной температуры от 300 до 800 К использовано при выводе формулы, описывающей зависимость нижнего концентрационного предела воспламенения от температуры.

Рассмотрим энергетический баланс между теплом, выделяющимся при горении, и теплом, необходимым для нагрева воздуха, находящегося в реакционном сосуде, до температуры $T_{ад}$ в пренебрежении теплоемкостью продуктов сгорания. Этот баланс выражается уравнением

$$v_v c_v (T_{ад} - T) = \phi_n Q, \quad (1)$$

где v_v — число молей воздуха в 1 м^3 при температуре T ; c_v — средняя теплоемкость воздуха при постоянном давлении в интервале $(T, T_{ад})$; ϕ_n — величина нижнего концентрационного предела; Q — теплота сгорания единицы массы пыли.