

А.К. Беликов, А.В. Максименко, С.А. Феофанов, И.Р. Бегишев
ГОРЕНИЕ СМЕСЕЙ $C_2ClH_5 + Cl_2$
ПОД ДЕЙСТВИЕМ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ

Известно, что смеси хлористого этила с хлором под действием электрического искрового разряда способны воспламеняться, концентрационные пределы распространения пламени (КПР) равны 9,0 и 49,2 % об. [1]. При фотохимическом хлорировании УФ-излучение ртутно-кварцевой лампы ДРТ-1000 при определенных условиях может выполнить роль источника зажигания. Сведения о концентрационных пределах фототеплового воспламенения смесей $C_2ClH_5 + Cl_2$ отсутствуют.

Процесс воспламенения и распространения пламени исследовали по температурным зависимостям протекания реакции фотохлорирования в цилиндрических сосудах диаметром 0,05 м, длиной 0,05 и 0,93 м. Температуру измеряли вольфрам-рениевыми микротермопарами, установленными вдоль оси реакционного сосуда на различном расстоянии от источника УФ-излучения. Для регистрации сигналов микротермопар использовали аналого-цифровой преобразователь.

В коротком сосуде ($l = 0,05$ м) действие УФ-излучения на реакционную смесь при любом содержании C_2ClH_5 инициировало неизотермический процесс. При приближении к НКПР вид зависимостей $T = f(\tau)$ приобретает взрывной характер: период индукции сокращается, максимальная температура разогрева смеси (T_{max}) значительно возрастает (рис. 1, кривые 5 и 6). Воспламенение смеси достаточно четко фиксируется.

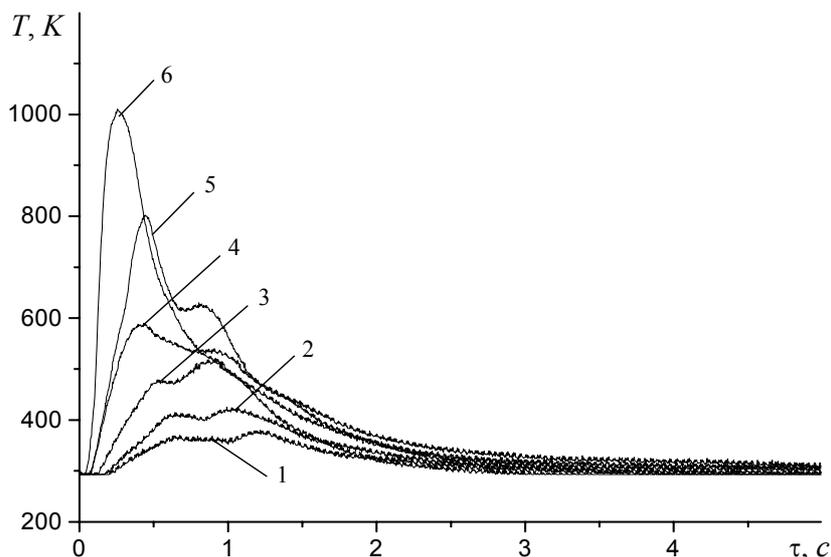


Рис. 1. Зависимость температуры от времени в центре реакционного сосуда длиной 0,05 м при непрерывном действии УФ-света на смеси с мольной долей C_2ClH_5 α : 1 - 0,03; 2 - 0,04; 3 - 0,06; 4 - 0,08; 5 - 0,10; 6 - 0,15

Для богатых горючим смесей в широком диапазоне мольных долей C_2ClH_5 ($0,40 \geq \alpha \geq 0,55$) характер зависимостей $T = f(\tau)$ и максимальная температура разогрева смеси имеют незначительные различия (рис. 2), поэтому процесс прекращения воспламенения нечеткий и ВКПР строго не фиксируется.

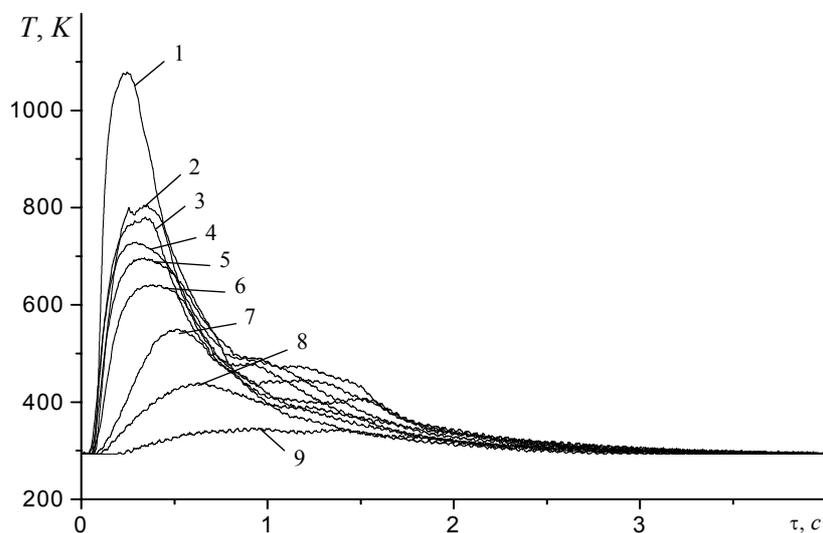


Рис. 2. Зависимость температуры от времени в центре реакционного сосуда длиной 0,05 м при непрерывном действии УФ-света на смеси с мольной долей C_2ClH_5 α : 1 - 0,30; 2 - 0,41; 3 - 0,44; 4 - 0,50; 5 - 0,55; 6 - 0,60; 7 - 0,72; 8 - 0,80; 9 - 0,90

Температура пламени при горении в хлоре галоидуглеводородов этанового ряда невысока вследствие существенных теплотерь излучением, которые в зависимости от содержания горючего колеблются от 42 до 63 % Q_0 [2]. По зависимости $T_{max} = f(\alpha)$ (рис. 3), используя в качестве критерия минимальную температуру пламени 750 K, определили концентрационную область фототеплового воспламенения 10-49 % об., которая близка к приведенным выше значениям КПР при зажигании исследуемых смесей электрическим искровым разрядом.

В сосуде длиной 0,93 м температурный режим реакции регистрировался шестью микротермопарами, расположенными на расстояниях от источника УФ-излучения соответственно равных: 0,025, 0,100, 0,150, 0,370, 0,520 и 0,875 м.

На рис. 4 представлена зависимость температуры от времени при распространении пламени в смеси $0,18C_2ClH_5 + 0,82Cl_2$ (при зажигании УФ-светом). Первая и вторая термопары одновременно зафиксировали резкое возрастание температуры. Это свидетельствует об одновременном воспламенении достаточно большого объема реакционной смеси, простирающегося от торцевого кварцевого окна в глубину сосуда, как минимум, до мес-

та расположения второй микротермопары.

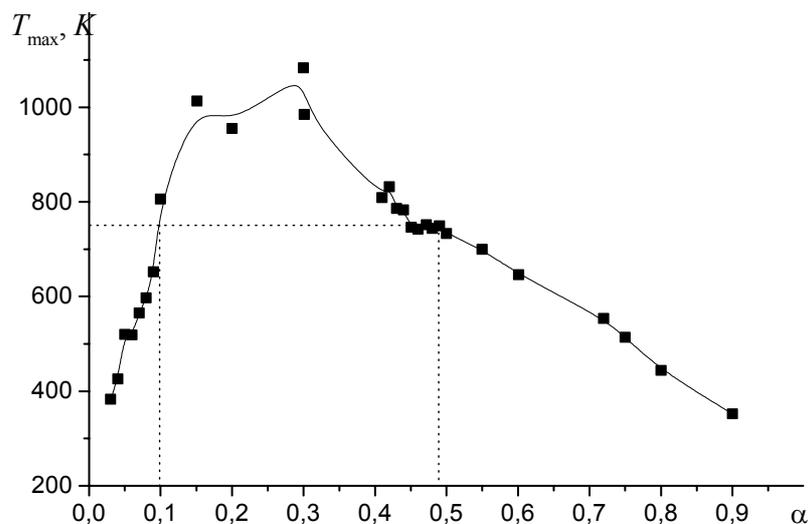


Рис. 3. Зависимость максимальной температуры разогрева реакционной смеси от содержания C_2ClH_5 в сосуде длиной 0,05 м ($T_0 = 293$ К; $p_0 = 98$ кПа; $I = I_0$)

Далее последовательно на 3, 4, 5 и 6 микротермопарах наблюдается скачкообразное увеличение температуры, вызванное прохождением фронта пламени.

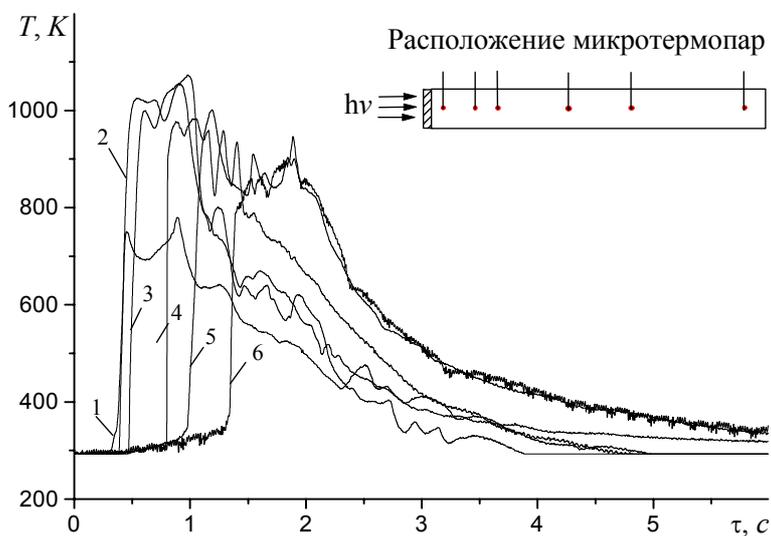


Рис. 4. Зависимость температуры от времени на оси реакционного сосуда длиной 0,93 м при непрерывном облучении УФ-светом смеси $0,18C_2ClH_5 + 0,82Cl_2$; 1, 2, 3, 4, 5 и 6 - показания первой - шестой микротермопар

Однако ещё до подхода фронта пламени 4, 5 и 6 микротермопары регистрируют плавное повышение температуры на 20–50 К, которое обусловлено локальным расширением первоначально воспламенившегося

объема смеси. Данное локальное расширение, возможное в длинных реакционных сосудах, вызывает возрастание теплотерь с одновременным уменьшением тепловыделения, что приводит к сужению концентрационной области распространения пламени. На рис. 5 приведены зависимости $T_{\max} = f(\alpha)$ для всех шести термопар.

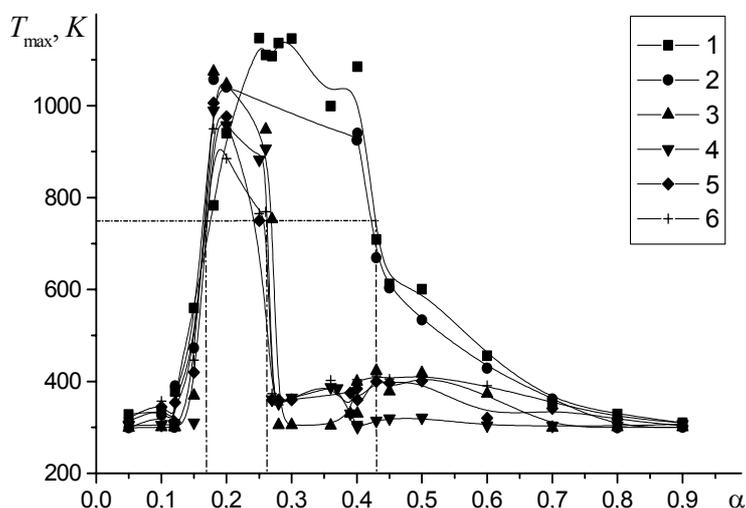


Рис. 5. Зависимость максимальной температуры разогрева реакционной смеси от содержания C_2ClH_5 в сосуде длиной 0,93 м; 1, 2, 3, 4, 5 и 6 - показания первой - шестой термопар ($T_0 = 293 K$; $p_0 = 98 \text{ кПа}$; $I = I_0$)

Данные зависимости показывают, что вблизи НКПР 18 % об. при воспламенении смеси пламя всегда распространяется на всю длину реакционного сосуда. В более богатых горючим смесях пламя способно распространяться при $\alpha \leq 0,26$. При дальнейшем увеличении мольной доли C_2ClH_5 вплоть до $\alpha = 0,43$ под действием УФ-света смеси воспламеняются (1 и 2 микротермопары регистрируют температуры $T_{\max} \geq 750 K$), но пламя в глубину сосуда не распространяется (3, 4, 5 и 6 микротермопары показывают незначительный разогрев: $T_{\max} \leq 400 K$). Таким образом в реакционном сосуде длиной 0,93 м концентрационная область распространения пламени (18 ÷ 26 % об.) значительно уже концентрационной области фототеплового воспламенения (18 - 43 % об.), которая, в свою очередь, уже аналогичной области, полученной в коротком сосуде ($l = 0,05 \text{ м}$). Следовательно концентрационные пределы фототеплового воспламенения хлористого этила, как и у ранее исследованных смесей $CCl_2H_2 + Cl_2$ [3], зависят от длины реакционного сосуда.

Литература

1. Розловский А.И. Основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами и парами. -М.: Химия, 1980. -376 с.

2. Розловский А.И. Горение систем, в которых окислителем служит хлор. Физика горения и взрыва, 1982, т. 18, № 1, с. 8.

3. Belikov A.K., Komrakov P.V., Begishev I.R. Role of gas expansion under photoignition of $\text{CCl}_2\text{H}_2 + \text{Cl}_2$ mixtures. 30 International symposium on Combustion, Chicago, Illinois, Juli, 2004.