

А.К. Беликов, С.А. Феофанов, И.Р. Бегишев

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ РЕАКЦИОННОГО СОСУДА НА ВОСПЛАМЕНЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЛАМЕНИ В СМЕСЯХ $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2$ ПРИ ЗАЖИГАНИИ УФ-ИЗЛУЧЕНИЕМ

Горение газовых смесей, в которых окислителем является хлор, имеет существенные отличия от горения кислородсодержащих систем. Это обусловлено различием механизмов протекания реакции. Дополнительные особенности накладывает использование в качестве источника зажигания излучение ртутно-кварцевой лампы ДРТ-1000.

Исследовали горение смесей $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2$ в цилиндрических сосудах из нержавеющей стали диаметром $5 \cdot 10^{-2}$ м и длиной $5 \cdot 10^{-2}$, $20 \cdot 10^{-2}$ и $93 \cdot 10^{-2}$ м. Предварительно перемешанные смеси заданного состава облучали УФ-светом через кварцевое стекло, установленное в торце реакционного сосуда. Регистрировали температурные режимы реакции с помощью вольфрам-рениевых микротермопар ($d = 20 \cdot 10^{-6}$ м), которые располагались вдоль оси реакционного сосуда на различных расстояниях от источника излучения. В качестве измерительного прибора использовали 8-канальный 16-разрядный аналого-цифровой преобразователь.

На рис. 1 представлены зависимости температуры от времени в центре реакционного сосуда длиной $5 \cdot 10^{-2}$ м при непрерывном облучении УФ-светом смесей с различным содержанием метана.

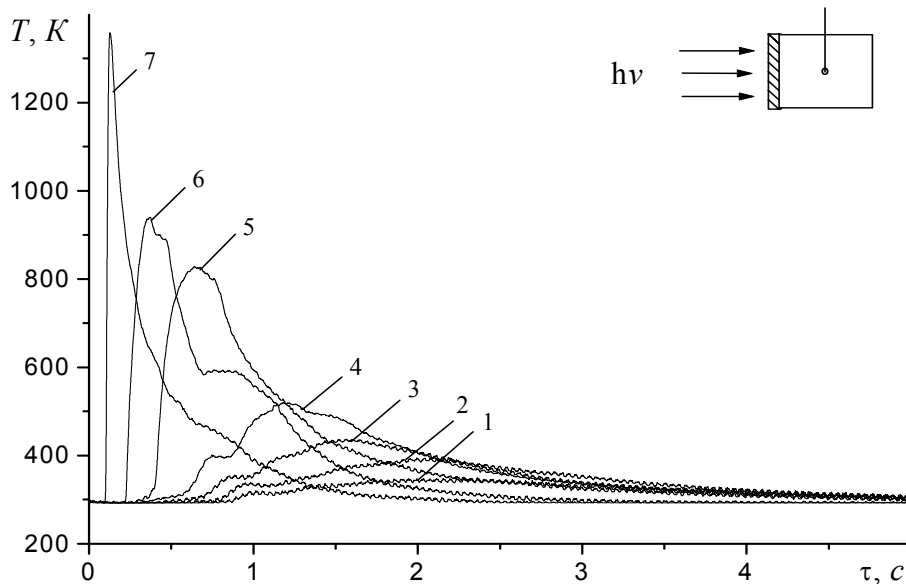


Рис. 1. Зависимость температуры от времени в центре реакционного сосуда длиной 0,05 м при непрерывном облучении УФ-светом смесей с мольной долей метана α : 1 - 0,04; 2 - 0,05; 3 - 0,06; 4 - 0,063; 5 - 0,07; 6 - 0,10; 7 - 0,20

С увеличением α мольной доли метана уменьшается время индукции, увеличивается скорость нарастания температуры и максимальная температура разогрева смеси. При $\alpha < 0,07$ (кривые 1 - 4) все перечисленные параметры изменяются незначительно, максимальная температура не превышает 530 K , воспламенения смеси не происходит. Дальнейшее увеличение α (кривые 5 - 7) приводит к резкому возрастанию скорости нарастания температуры, значения максимальных температур доходят до 1367 K , происходит воспламенение смеси. Зажигание смесей УФ-излучением исключает возможность визуального наблюдения появления и распространения пламени, поэтому основным критерием измерения концентрационных пределов фототеплового воспламенения является максимальная температура разогрева смеси T_{\max} . На рис. 2 приведена зависимость T_{\max} от содержания метана. Границы высокотемпературной области ($T_{\max} \geq 800\text{ K}$) 7 и 67 % об. соответствуют концентрационным пределам фототеплового воспламенения.

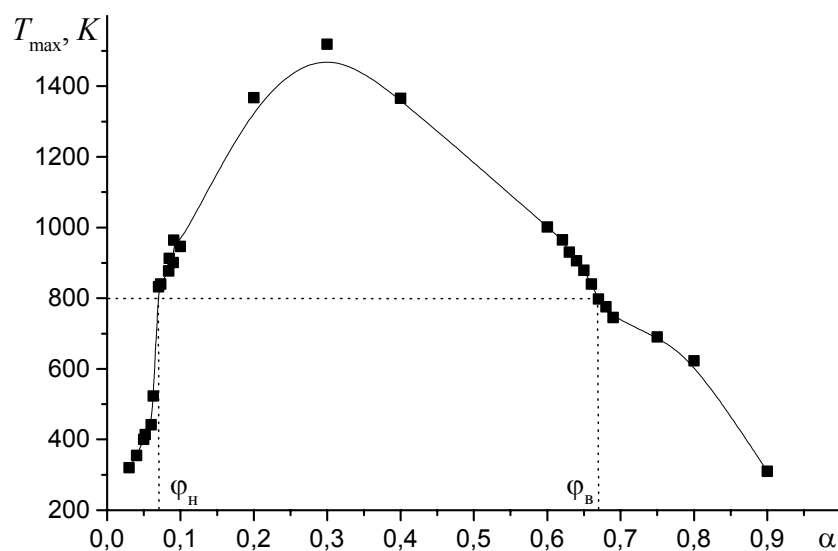


Рис. 2. Зависимость максимальной температуры разогрева реакционной смеси от содержания метана в сосуде длиной $0,05\text{ м}$ ($T_0 = 293\text{ K}$; $p_0 = 98\text{ кПа}$; $I = I_0$)

В сосуде длиной $20 \cdot 10^{-2}\text{ м}$ температурный режим реакции регистрировался двумя микротермопарами, установленными на расстояниях $x_1 = 25 \cdot 10^{-3}\text{ м}$ и $x_2 = 150 \cdot 10^{-3}\text{ м}$ от кварцевого окна. На рис. 3 приведены зависимости $T_{\max} = f(\alpha)$. Высокотемпературная область для показаний первой и второй термопар со стороны богатых горючим смесей имеет различные границы. В диапазоне $0,65 < \alpha \leq 0,71$ происходит воспламенение смесей, но пламя не распространяется по всему сосуду. Концентрационные пределы распространения пламени (КПР) - 7 и 65 % об.

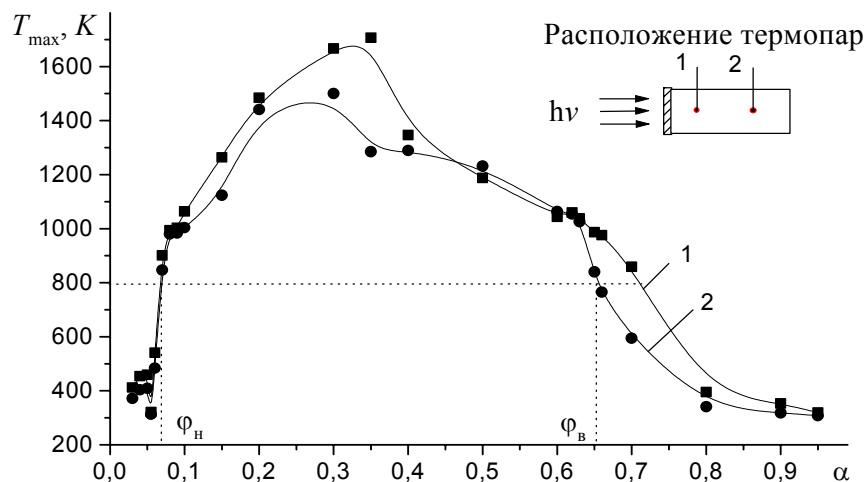


Рис. 3. Зависимость максимальной температуры разогрева реакционной смеси от содержания метана в сосуде длиной 0,20 м; 1 и 2 - показания первой и второй термопар ($T_0 = 293 \text{ K}$; $p_0 = 98 \text{ кПа}$; $I = I_0$)

С увеличением длины реакционного сосуда до 0,93 м пламя распространялось на весь объем в диапазоне концентраций метана 7,5 - 59 % об.

Более богатые горючим смеси воспламенялись, но пламя распространялось не до конца реакционного сосуда рис. 4. Расстояние, на которое пламя распространялось в глубину сосуда, постепенно уменьшалось и при концентрации метана более 65 % об. воспламенение смесей прекращалось.

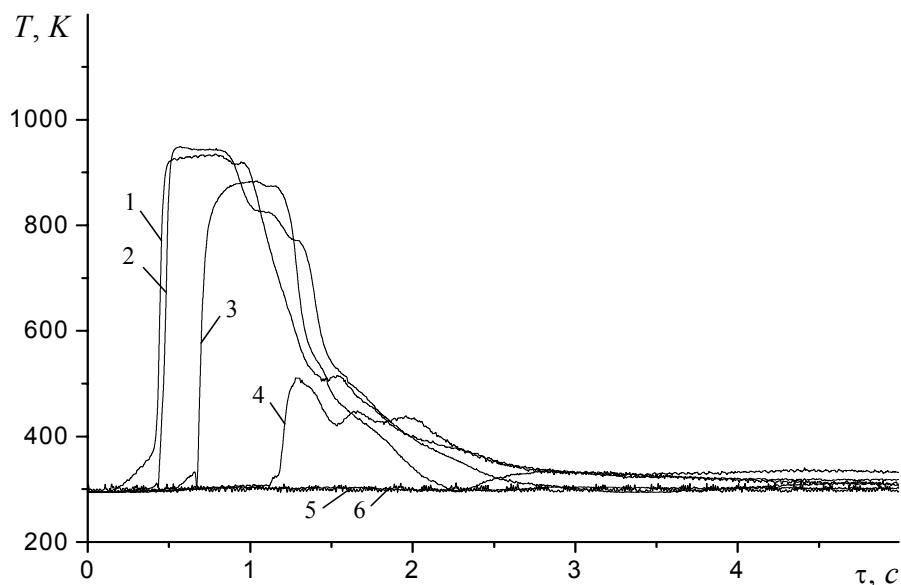


Рис. 5. Зависимость температуры от времени на оси реакционного сосуда длиной 0,93 м при непрерывном облучении УФ-светом смеси с мольной долей метана $\alpha = 0,61$; 1 - 6 - показания первой - шестой термопар

Таким образом, при зажигании смесей метана и хлора УФ-излучением с увеличением длины реакционного сосуда от 0,05 до 0,93 м происходит сужение концентрационной области распространения пламени в основном со стороны верхнего предела, который уменьшается на 8 % об. Так как расположение сосудов было горизонтальным, распространение пламени происходило за счет теплопроводности и диффузии активных центров из зоны горения. Существенным фактором для распространения пламени в хлорсодержащих системах является излучение пламени, которое для смесей $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2$ с увеличением содержания хлора доходит до 28 % от полного теплового эффекта реакции, а для богатых метаном смесей не превышает 20 % [1]. Это объясняет большую чувствительность к изменению верхнего КПР. Зависимость КПР от длины сосуда обусловлена особенностью зажигания УФ-светом, которая заключается в том, что воспламенение смеси происходит одновременно в достаточно большом объеме, по сравнению с действием электрической искры. Первоначально смесь воспламеняется у кварцевого окна и до 0,1 м в глубину сосуда, о чем свидетельствуют показания термопар. В длинном сосуде первоначальный нагрев данного объема происходит практически изобарно и сопровождается его расширением, которое влияет на распространение пламени. С уменьшением длины сосуда такое локальное расширение реакционной смеси сокращается и его действие на распространение пламени прекращается. В вертикальном расположенном сосуде к перечисленным факторам, влияющим на распространение пламени, добавляется конвекция и в результате концентрационная область распространения пламени существенно расширяется. В нашем случае в вертикальном сосуде длиной 0,93 м НКПР - 5,5 % об. и ВКПР - 64 % об. Полученные значения практически совпадают с измеренными ранее КПР (5,6 - 63,0 % об.) при зажигании смеси $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2$ электрическим искровым разрядом [2].

Литература

1. Розловский А.И. Горение систем, в которых окислителем служит хлор. Физика горения и взрыва, 1982, т. 18, № 1, с. 8
2. Розловский А.И. Основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами и парами. -М.: Химия, 1980. -376 с.