

## ВЛИЯНИЕ ФАКТОРА ДАВЛЕНИЯ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВ С ПАРОГАЗОВЫМИ СИСТЕМАМИ

Задорожная Т.А., Лаптев Д.А., Сечин А.И., Сечин А.А., Косинцев В.И.

*Томский политехнический университет*

*Томск, Россия*

Одним из специфичных условий эксплуатации технологического оборудования в химических производствах является то, что присутствуют стадии, использующие пониженные давления (ПД) не только в газовых системах, но и в паровых средах. В этом случае актуальность вопросов обеспечения пожаро- и взрывобезопасности таких технологических процессов существенно возрастает.

В свете имеющихся представлений о сущности явления пределов распространения пламени, изучение роли ряда факторов, в первую очередь давления и компонентного состава, может иметь принципиальное значение для формирования правильных представлений не только о сущности пределов распространения пламени в рассматриваемых системах, но и обеспечения пожаро- и взрывобезопасности химико-технологических процессов.

Идущие в научном мире споры о наиболее эффективном диаметре реакционного сосуда при исследовании процессов горения парогазовых систем, в которых моделируются обрабатываемые в технологическом оборудовании среды, заставили авторов высказать свои замечания в этой области.

Традиционно испытательная камера представляет собой цилиндрический сосуд, выполненный из коррозионно-стойкого металла. При выборе диаметра камеры значение гасящего диаметра для газовых и паро-воздушных смесей при давлении  $9,8 \cdot 10^4$  Па использовано постоянство значения критерия Пекле на пределе гашения пламени [1]:

$$d_{кр} = Pe \frac{RT_0 I_{см}}{U_n C_{p,см} P}, \quad (1)$$

где  $Pe$  – критерий Пекле, который согласно [1, 2], равен примерно 65;  $R$  – газовая постоянная,  $(\text{см}^3 \cdot \text{кПа})/^\circ\text{C}$ ;  $T_0$  – начальная температура смеси,  $K$ ;  $\lambda_{см}$  – теплопроводность газовой смеси,  $\text{кал}/\text{см} \cdot \text{с} \cdot \text{град}$ ;  $U_n$  – нормальная скорость распространения пламени для содержания водорода,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $c_{p,см}$  – теплоемкость смеси,  $\text{кал}/\text{моль} \cdot \text{град}$ ;  $P$  – атмосферное давление,  $\text{кПа}$ .

Если молекулярные массы компонентов смеси не сильно отличаются друг от друга, применяется линейная зависимость, соответствующая аддитивной теплопроводности смеси [1]

$$I_{см} = K_1 I_1 + (1 - K_1) I_2, \quad (2)$$

где  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  – коэффициенты теплопроводности;  $K_1$  и  $K_2$  – мольные доли компонентов.

Было учтено, что при большом различии молекулярных масс более точна логарифмическая зависимость

$$\lg I_{см} = \lg I_2 + K_1 (\lg I_1 - \lg I_2); \quad I_{см} = I_1^{K_1} \cdot I_2^{1-K_1}. \quad (3)$$

Подставляя значения параметров в уравнение (1), получили  $d_{кр} = 0,85 \cdot 10^{-2}$  м, что соответствует результатам оценок по [3].

Из уравнения (1) следует, что критический диаметр возрастает при уменьшении давления, а из работы [4] следует, что нормальная скорость может возрасти при уменьшении давления. Проведенные исследования по измерению видимой скорости распространения пламени в околопредельных смесях в интервале давлений  $1,25 \cdot 10^4 - 6,4 \cdot 10^4$  Па в камерах диаметром  $5 \cdot 10^{-2}$ ,  $8 \cdot 10^{-2}$  и  $18 \cdot 10^{-2}$  м, показали близкие результаты. Анализ проведенных исследований показал, что полученные результаты по измерению видимой скорости распространения пламени описываются уравнением вида

$$\frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} = \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1}; \quad (4)$$

Решая уравнения (4) для произвольных точек М и N, принадлежащих массиву экспериментальных данных было получено уравнение  $y = Ax + B$  с дисперсией 0,85 и средним отклонением 0,93.

Обработав, таким образом, все представленные зависимости был получен симплекс, показывающий, что газовые и парогазовые смеси при горении подчиняются одним и тем же закономерностям, а значит, эффект, наблюдаемый в газах, не исключается своим проявлением и для парогазовых смесей. Следует сделать предположение, что известный эффект второго предела по давлению для водород-кислородных смесей, можно ожидать и в парогазовых смесях.

На разработанной установке [5, 6] и методике для изучения критических условий распространения пламени в модельных парогазовых системах были проведены исследования других веществ: ацетона, метанола, п-ксилола, толуола и дихлорэтана. Эти исследования представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Условия распространения пламени в паро-воздушных системах

№ п/п	Наименование паро-воздушной системы	Воспламенение системы, %, об	
		нормальные условия	пониженное давление
1.	Ацетон	2,2	1,9
2.	Метиловый спирт	6,0	1,0
3.	П-ксилол	1,0	0,1
4.	Толуол	1,3	0,34
5.	Дихлорэтан	6,2	5,9

Следовательно, учитывая специфичность условий эксплуатации технологического оборудования в технологических процессах, использующих пониженные давления не только в газовых системах, но и в паровых средах, актуальность вопросов обеспечения пожаро- и взрывобезопасности таких технологических процессов существенно возрастает.

По результатам проделанной работы следует, что парогазовые системы при пониженных давлениях, представляет еще большую опасность, из чего следует, что изменятся особенности конструкции и технологии, потенциальная опасность, основные факторы пожара и взрыва технологического оборудования, в котором присутствуют эти системы и меры пожаровзрывопредотвращения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Розловский А.И. Научные основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами и парами. М.: Химия, 2 изд. перераб., 1980. 346 с.
2. Льюис Б., Эльбе Г. Горение, пламя и взрывы в газах. Пер. с англ. / Под ред. В.И. Кондратьева. М.: Мир, 1968. 592 с.
3. Потехин Т.С., Прохоров Н.С., Терещенко Г.Ф. Управление риском в химической промышленности. // ЖВХО, 1990, Т. 35. С. 421–424.
4. Зельдович Я.Б., Баренблатт Г.И., Либрович В.Б., Махвиладзе Г.М. Математическая теория горения и взрыва. М.: Наука. 1980. 478 с.
5. Полезная модель 16956 РФ. Устройство для определения концентрационных пределов распространения пламени. / А.И. Сечин, Д.А. Цветков, В.И. Косинцев, А.А. Сечин. Опубл. 27.02.2001.  
Сечин А.И. К вопросу определения пожаровзрывоопасных характеристик парогазовых смесей. // Аспирант и соискатель. М.: 2003. № 5, С. 233–236