

ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ НИЖНИХ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПРЕДЕЛОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ ГЕНЕРАТОРНЫХ ГАЗОВ

канд.техн.наук Ю.В. Луценко, канд.техн.наук Е.В.Тарахно,
В.В. Олейник
(представлено докт.техн.наук О.Т. Тильчиным)

Работа посвящена исследованию влияния различных факторов на пожаровзрывоопасность газовых смесей. Получены зависимости изменения нижних концентрационных пределов распространения пламени от начальной температуры и состава газовой смеси.

Одним из путей выхода Украины из энергетического кризиса является создание на реконструируемых коксохимических заводах газогенераторных отделений для получения газов из неспекающихся углей крайних стадий метаморфизма. В зависимости от состава генераторные газы возможно использовать в промышленной энергетике, для получения жидких моторных топлив, а также для органического синтеза.

Для оценки пожаровзрывоопасности процесса газификации угля проведено исследование влияния начальной температуры на концентрационные пределы распространения пламени (КПРП) наиболее взрывоопасных составов генераторных газов, состоящих в основном из H_2 , CO , CO_2 .

Для определения изменения нижних концентрационных пределов распространения пламени (НКПРП) в зависимости от температуры и состава газа используем отношение $\psi = \frac{CO}{H_2 + CO}$ исходных газовых

смесей, пренебрегая незначительными примесями других газов (CH_4 , N_2 , H_2S , NH_3), которые практически не оказывают влияния на полученные результаты исследований. Кроме того, нижнепредельное состояние смеси характеризуется именно адиабатической температурой горения CO и H_2 [1]. В проведенных исследованиях ψ изменялось в пределах 0,065-0,958.

Экспериментально установлено, что независимо от значения ψ . Выше этой температуры НКПРП снижаются практически линейно. НКПРП по мере увеличения начальной температуры уменьшаются нелинейно, а подчиняются более сложной зависимости. Заметное отклонение от линейного закона наблюдается при увеличении начальной температуры до 200 °С. В результате математической

обработки результатов исследований установлено, что между НКПРП (φ_n) и температурой газовой смеси (T) существует гиперболическая зависимость вида

$$\varphi_n = \frac{1}{AT + K}, \quad (1)$$

где A, K - коэффициенты, зависящие от состава газовой смеси.

Для определения численных значений A и K каждой зависимости, соответствующей определенному значению, использовался метод наименьших квадратов.

С увеличением ψ от 0,065 до 0,958 коэффициенты A и K соответственно изменяются в пределах $0,12 \cdot 10^{-4} \div 0,4 \cdot 10^{-4}$, $1,65 \cdot 10^{-2} \div 0,788 \cdot 10^{-2}$. Аналитическое описание всего семейства кривых достигнуто путем получения зависимости коэффициентов A и K от ψ .

Функциональная зависимость между составом газа и K описывается линейным уравнением

$$K = b - m \cdot \psi. \quad (2)$$

При анализе исследованных составов и полученной линейной зависимости K от ψ оказалось, что инертные примеси (с содержанием до 3% в составе генераторных газов) не оказывают влияния на K .

Что касается изменения A в зависимости от состава смеси, то, как показал метод выравнивания численных значений параметров способом наименьших квадратов, между ними существует степенная зависимость

$$A = C \cdot \psi^p. \quad (3)$$

После подстановки K и A в формулу (1) получаем окончательную функциональную зависимость между НКПРП и начальной температурой генераторного газа

$$\varphi_n = \frac{1}{C \cdot \psi^p \cdot T + (b - m \cdot \psi)}. \quad (4)$$

Результаты количественной проверки полученного уравнения (4) показали, что сходимость вычисленных и экспериментальных значений удовлетворительная и отклонения не превысили 1%.

Из уравнения (4) видно, что КПРП зависят как от начальной температуры газовой смеси, так и от состава исследуемых газов. С

увеличением в генераторном газе содержания H_2 интенсивность снижения нижних пределов воспламенения по мере повышения начальной температуры возрастает, что подтверждает полученные ранее результаты [2].

Полученная формула (4) дает возможность определять НКПРП не только для сложных газовых смесей, но и для бинарных.

Для объяснения полученной нелинейной зависимости НКПРП от начальной температуры газовой смеси рассмотрено качественное и количественное изменение коэффициента температуропроводности, как главного физического параметра, играющего основную роль в процессах воспламенения и распространения пламени.

Установлена взаимосвязь НКПРП с коэффициентами температуропроводности (рис. 1), изменяющихся как от начальной температуры, так и от ψ . Из полученной зависимости можно сделать вывод, что существует единый закон, описывающий влияние коэффициентов температуропроводности на НКПРП.

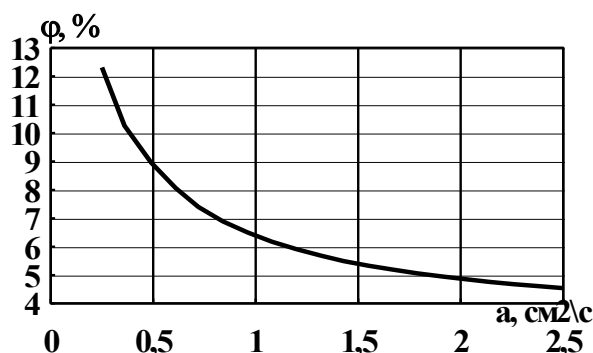


Рисунок 1 - Зависимость НКПРП от коэффициентов температуропроводности, изменяющихся от начальной температуры

Для установления функциональной зависимости между НКПРП и коэффициентами температуропроводности полученная зависимость математически обработана с помощью метода выравнивания, с определением численных значений параметров способом наименьших квадратов.

Рис. 2 построен в координатах, выпрямляющих зависимость между НКПРП и коэффициентами температуропроводности.

Из рис. 2 видно, что экспериментальные и вычисленные значения с достаточной точностью укладываются на прямую, которая аппроксимируется степенным уравнением вида

$$\varphi_H = m \cdot a^{-n}. \quad (5)$$

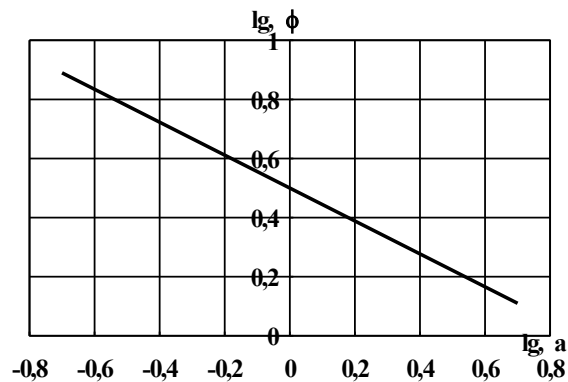


Рисунок 2 - Логарифмический график изменения НКПРП (φ_H) от логарифма коэффициентов теплопроводности (a)

Из установленных зависимостей между коэффициентами теплопроводности и начальной температурой газовой смеси следует, что коэффициенты теплопроводности, независимо от значений ψ , как и КПРП, изменяются нелинейно. Наиболее наглядно это проявляется при увеличении начальной температуры до 200 °С. При дальнейшем повышении температуры коэффициенты теплопроводности, независимо от значений ψ , увеличиваются линейно.

Таким образом, результаты исследований и установленные функциональные зависимости позволяют сделать вывод, что нижние концентрационные пределы распространения пламени в зависимости от состава изменяются по степенному, а от температуры по гиперболическому законам.

ЛИТЕРАТУРА

1 Корольченко А.Я., Шебеко Ю.Н., Иванов А.В., Дмитриева Т.М. Особенности химической кинетики горения и нижние концентрационные пределы распространения пламени. // Кинетика и катализ, 1981, т. 22, № 4.– С. 877–881.

2 Шебеко Ю.Н., Корольченко А.Я., Цариченко С.Г., Навценя В.Ю., Малкин В.Л. Влияние начального давления и температуры на характеристики горения водородсодержащих смесей. // Физика горения и взрыва. 1989, т. 25, № 2.– С. 32–36.