

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ ПРЕДЕЛЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ

канд. техн. наук, доц. Ю.В. Луценко,
В.В. Олейник, Г.А. Мозговой
(представлено докт. техн. наук В.М. Комяк)

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

Технологический процесс газификации твердого топлива проводится, в основном, при умеренно повышенном давлении — до 0,98 МПа и непосредственно связан с образованием взрывоопасных газов.

Полученные экспериментальным путем при нормальном давлении концентрационные пределы распространения пламени (КПРП) без проведения специальных исследований не могут быть использованы для обеспечения пожаровзрывобезопасных условий получения генераторных газов при давлении выше атмосферного. Поскольку основной механизм воспламенения и взрыва для сложных газовых смесей изучен недостаточно, экстраполяция полученных данных недопустима, поэтому для создания безопасных условий эксплуатации газогенераторных установок, работающих как при нормальном, так и при повышенном давлении, проведено исследование влияния давления на концентрационные пределы распространения пламени генераторных газов, состоящих в основном из H_2 и CO . В ходе исследований установлено, что с увеличением давления до 0,98 МПа верхние концентрационные пределы распространения пламени уменьшаются, а нижние увеличиваются, при чем наиболее заметно это наблюдается при давлении до 0,49 МПа.

Влияние давления на КПРП для газовых смесей с различным содержанием CO и H_2 проявляется по разному. Для смесей газов, состоящих в основном из H_2 , при незначительном содержании CO (не более 10%), КПРП практически сужаются линейно и незначительно. При концентрации CO более 10% тенденция к изменению пределов распространения пламени носит нелинейный характер. В особенности это проявляется для генераторных газов, состоящих из CO .

Для определения степени влияния H_2 и CO на КПРП в зависимости от начального давления использовано относительное из-

менение верхних $\left(C_{\text{отн}}^{\text{в}} = \frac{C_{\text{рп}}^{\text{в}}}{C_{\text{рн}}^{\text{в}}} \right)$ и нижних $\left(C_{\text{отн}}^{\text{н}} = \frac{C_{\text{рп}}^{\text{н}}}{C_{\text{рн}}^{\text{н}}} \right)$ концентрационных пределов распространения пламени и отношении $\varphi = \frac{\text{СО}}{\text{СО} + \text{Н}_2}$, которое в наших исследованиях изменялось в пре-

делах 0.0-1.0. (Здесь $C_{\text{рп}}$, $C_{\text{рн}}$ - концентрационные пределы распространения пламени при повышенном и нормальном давлении).

Установлено, что по мере увеличения давления и содержания СО в генераторном газе интенсивность изменения верхних и нижних концентрационных пределов распространения пламени также возрастает, т.е. пределы распространения пламени есть функция не только начального давления, но и значения φ .

Математический анализ результатов исследований показал, что каждая экспериментальная кривая с достаточной точностью аппроксимируется степенным выражением:

$$C_{\text{отн}}^{\text{в}} = A \cdot P^{\alpha} \quad (1)$$

где, P - начальное давление; A , α - коэффициенты, зависящие от состава газовой смеси.

Аналитическое описание всего семейства кривых может быть достигнуто путем введения зависимости коэффициентов A и α от φ . Исследования показали возможность и достаточность приближений:

$$A = K + c \cdot \varphi^{\text{в}};$$

$$\alpha = N + n \cdot \varphi^{\text{х}}.$$

Тогда,

$$C_{\text{отн}}^{\text{в}} = \left(K + c \cdot \varphi^{\text{в}} \right) \cdot P^{N + n \cdot \varphi^{\text{х}}}; \quad (2)$$

Относительное изменение НКПП в зависимости от давления также описывается степенным уравнением

$$C_{\text{отн}}^{\text{н}} = M \cdot P^{\text{м}}. \quad (3)$$

Анализ изменения коэффициентов M , m в зависимости от φ показал, что между M , m и φ существует закономерная связь, которая выражается уравнением вида:

$$M = S + e \cdot \varphi^{\text{k}}$$

$$m = \varepsilon - \beta \cdot \varphi^\alpha$$

Тогда:

$$C_{\text{отн}}^{\text{II}} = \left(S + \rho \cdot \varphi^k \right) \cdot p^{\varepsilon - \beta \cdot \varphi^\alpha} \quad (4)$$

Анализ выведенных формул (1), (2) и (3), (4), характеризующих изменение относительных пределов распространения пламени в зависимости от давления, показал, что доминирующим фактором в изменении КППП является не само давление, а значение φ .

Проведен анализ изменения физико-химических параметров, изменяемых в зависимости от начального давления и состава, а также определено их влияние на КППП. В результате анализа установлено, что объемная теплоемкость практически не зависит от концентрации H_2 и CO , а зависит только от начального давления. Можно полагать, что КППП при постоянном давлении не должны изменяться в зависимости от φ . Но, как показали результаты исследований, КППП являются функциями давления и состава. Не менее важным является то обстоятельство, что при повышении давления за счет увеличения плотности объемная теплоемкость изменяется обратно пропорционально давлению, а КППП изменяются также, как при нормальном давлении.

Рассмотрена зависимость КППП от температуропроводности и кинематической вязкости, которые изменяются как от давления, так и от состава. В результате установлено, что с увеличением начального давления и CO в составе генераторного газа наблюдается более интенсивное сужение области воспламенения. Характер полученных зависимостей подобен, а числовые значения коэффициентов температуропроводности и кинематической вязкости, изменяющихся в зависимости от начального давления и исследуемого состава, близки между собой и являются величинами одного порядка, причем коэффициент температуропроводности незначительно превышает кинематическую вязкость. В результате математической обработки установлено, что между относительными КППП температуропроводностью и кинематической вязкостью существует степенная зависимость:

$$C_{\text{отн}} = c \cdot a^k \quad (6)$$

$$C_{\text{отн}} = c \cdot v^n \quad (7)$$

Результаты количественной проверки уравнений (1), (2) и (3), (4), определяющих изменение КППП в зависимости от начального давления и состава генераторных газов, дали удовлетворительную сходимость с экспериментальными данными.