

Ю.С. Бирюлин, В.Н. Михалкин
ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПРЕДЕЛОВ
ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ГАЗО- И ПАРОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

Определение концентрационных пределов воспламенения смесей горючих веществ с воздухом важно для оценки взрывоопасности режима технологической системы химического производства. Однако, как показано в [1], при их оценке могут возникнуть трудности, особенно при давлениях выше атмосферного и для многокомпонентных горючих систем.

В [1, 2] отмечено, что полученный разными авторами разброс результатов измерений концентрационных пределов может достигать 30 % из-за методических ошибок. Для оценки концентрационных пределов многокомпонентных горючих систем часто используют правило Ле Шателье, суть которого состоит в том, что многокомпонентная смесь, составленная из нескольких бинарных смесей предельного состава, взятых в произвольных соотношениях, также является предельной.

Причем, как отмечено в [3], относительная погрешность расчетов не превышает 30 %. Однако известны исследования [4] по добавлению различных газов к паровоздушным смесям, например, метилбромида к метановоздушным смесям. На рис.1 приведены зависимости концентрационных пределов воспламенения смесей метана и метилбромида с воздухом. Область 1 на рисунке выделена линиями, вычисленными по правилу Ле Шателье, а область 2 – экспериментальная кривая по ингибированию воспламенения метановоздушной смеси добавками метилбромида (по [4]).

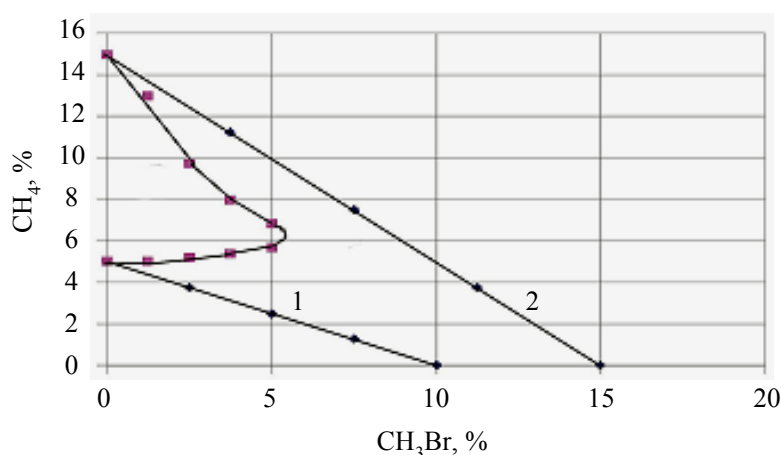


Рис. 1. Концентрационные пределы воспламенения смесей метана и метилбромида с воздухом

Из рис. 1 видно, что расчет концентрационных пределов по правилу Ле Шателье значительно отличается от экспериментальных данных. Это, по-видимому, связано с ингибирующими свойствами метилбромида.

Авторами проведены термодинамические расчёты параметров процесса воспламенения смесей горючих газов и паров с воздухом по методу

минимизации термодинамических потенциалов, как и в [1].

Для повышения точности расчёты проводились на нижнем и верхнем концентрационных пределах по усреднённой температуре горения для смесей двух горючих. Исходя из точности определения концентрационных пределов, можно посчитать, с какой точностью следует определять температуру на этих пределах, т.е. посчитать температуру, которая будет при отклонении на 0,05 % от предела. Результаты расчетов на нижнем пределе дают точность около 20 градусов, а на верхнем пределе – около 10 градусов, что объясняется за счет более плавной зависимости изменения температуры на верхнем пределе.

На рис. 2 приведены зависимости изменения концентрационных пределов воспламенения смесей этана и пропана с воздухом, полученные по правилу Ле Шателье (прямые линии), и точки, полученные в результате термодинамических расчетов по усредненной температуре на верхнем и нижнем концентрационных пределах для данных горючих. Как видно из графика, наблюдается очень хорошее совпадение результатов для нижнего концентрационного и верхнего концентрационных пределов.

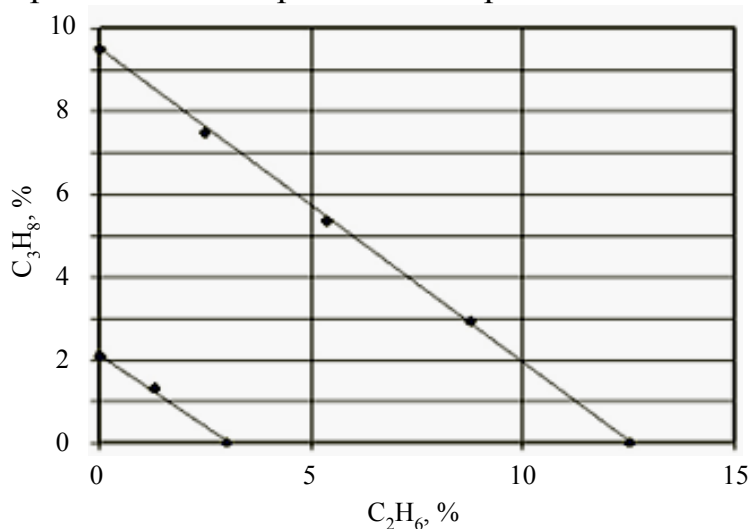


Рис. 2. Концентрационные пределы воспламенения смесей пропана и этана с воздухом

Следует также отметить, что на верхнем концентрационном пределе для смеси двух горючих, сильно отличающихся по своим свойствам, обычно наблюдается более сложная зависимость, чем предсказываемая по правилу Ле Шателье. На рис. 3 приведен график зависимости изменения концентрационных пределов воспламенения смесей метана и водорода с воздухом, полученные по правилу Ле Шателье (прямые линии), экспериментальные данные в виде ромбиков из [5] и результаты термодинамических расчетов в виде кружочков.

Как видно из рис. 3, при небольших добавках водорода в метановоздушную смесь на верхнем пределе происходит промотирование процесса

горения, а при добавках метана в водородовоздушную смесь на верхнем пределе наблюдается ингибирование процесса горения.

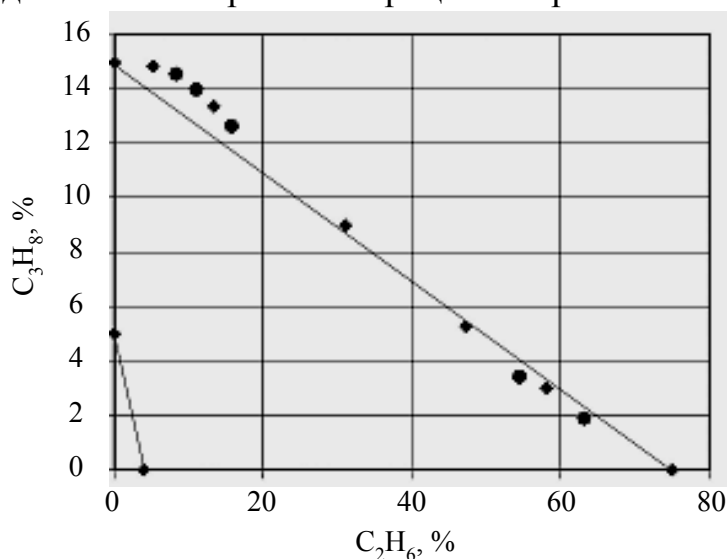


Рис. 3. Концентрационные пределы воспламенения смесей метана и водорода с воздухом

На основании предварительно проведенных термодинамических расчётов и анализа литературных данных можно сделать вывод о более сложной зависимости изменения верхнего концентрационного предела, чем получаемой по правилу Ле Шателье, для горючих, сильно отличающихся по своим свойствам.

Литература

1. Бирюлин Ю.С., Михалкин В.Н. Оценка концентрационных пределов воспламенения газов и паров с помощью термодинамических расчётов // Материалы тринадцатой научно-технической конференции "Системы безопасности" - СБ-2004. –М.: Академия ГПС МЧС России, 2004.– С.230-232.
2. Розловский А.И. Основы техники взрыво-безопасности при работе с горючими газами и парами. –М.: Химия, 1980.
3. ГОСТ 12.1.039-82. Пожарная безопасность. Методы расчёта концентрационных пределов воспламенения газов и паров. –М.: Издательство стандартов, 1983.
4. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров. –М.: Стройиздат, 1990.
5. Coward H.F., Jones G. Limits of Flammability of Gases and Vapors. 1952.