

УДК 614.842

Луценко Ю.В., канд. техн. наук, доцент, нач. каф. ПЧСНП,
УГЗУ, Попов В.М., канд.тех.наук, проректор УГЗУ,
Яровой Е.А., преподаватель, УЦЗУ

ВЛИЯНИЕ ИНЕРТНЫХ РАЗБАВИТЕЛЕЙ НА ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ ГАЗОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЕЙ

Проведены исследования влияния вида и количества инертных газов на воспламеняемость генераторных газов. Полученные результаты могут использоваться при внедрении технологий подземной газификации углей в Украине.

Актуальность проблемы. Одним из наиболее приемлемых путей выхода Украины из энергетического кризиса может быть применение подземной газификации низкокалорийных малометаморфозированных углей с получением заменителей природного газа, нефтепродуктов и химического сырья на базе газообразных продуктов их химической переработки (генераторных газов).

В настоящее время вероятность образования взрывоопасных концентраций газоздушных смесей на действующих объектах производства (добычи), транспортирования, хранения и использования горючих газов довольно велика. При создании в Украине объектов подземной газификации углей актуальной будет проблема обеспечения их пожаровзрывобезопасности.

Одним из наиболее эффективных способов предупреждения взрывов является флегматизация горючих смесей инертными добавками [1]. При этом происходит сужение области воспламенения до точки флегматизации. Для газов, получаемых при подземной газификации углей зависимости изменения области воспламенения от вида и количества флегматизаторов изучены недостаточно.

Анализ последних исследований и публикаций. В результате анализа работ [1-3] установлено, что в составе генераторных газов, получаемых при подземной газификации углей, может содержаться значительное количество (до 60 % об.) негорючих компонентов (в зависимости от ряда основных технологических факторов). Кроме того, с целью сужения области воспламенения возможно дополнительное разбавление многокомпонентных горючих смесей инертными газами.

Для более полного понимания процесса воспламенения газов целесообразно определить зависимости концентрационных пределов распространения пламени от объемной теплоемкости, теплопроводности и температуропроводности смеси.

Постановка задачи и ее решение. Целью исследования является определение влияния вида и количества инертных примесей на область воспламенения генераторных газов .

При определенной критической интенсивности тепловых потерь горение становится неустойчивым. Зона реакции прогрессивно охлаждается, скорость реакции замедляется, соответственно уменьшается скорость тепловыделения, зона подготовительных процессов не получает достаточно энергии для нагрева исходной горючей смеси, пламя затухает. На протекание реакции горения, кроме концентрации горючего вещества и окислителя, большое влияние оказывают теплофизические параметры газовых смесей, такие как теплоемкость, теплопроводность и температуропроводность.

Для доказательства нелинейной зависимости между верхними КПП пламени и видом и количеством инертных добавок рассмотрим качественное изменение объемной теплоемкости, теплопроводности и температуропроводности.

Для этой цели были определены значения указанных параметров, соответствующие взрывоопасным смесям, которые изменяются в зависимости от различного количества флегматизирующих добавок.

На основании полученных данных построена зависимость (рис. 1) изменения объемной теплоемкости и теплопроводности от природы флегматизирующих добавок (N_2 и CO_2).

Из рис.1 следует, что с увеличением содержания флегматизирующих добавок во взрывоопасной газовой смеси теплопроводность уменьшается нелинейно, а расхождения между численными значениями теплопроводности в зависимости от природы флегматизирующих добавок увеличиваются при концентрации введенных инертных добавок N_2 и CO_2 до 60%. Это расхождение максимальное и составляет 0,62 кВт/(м·град). При незначительных добавках N_2 и CO_2 (до 10%) расхождения между численными значениями теплопроводности, изменяющейся в зависимости от N_2 и CO_2 , практически не наблюдается.

Характер изменения теплопроводности и КПП пламени в зависимости от природы флегматизирующих добавок подобен. Что касается объемной теплоемкости, то она, по мере увеличения содержания флегматизирующих добавок, увеличивается линейно. Наиболее значительное увеличение наблюдается при использовании

CO_2 в качестве флегматизирующей добавки.

При сопоставлении количественных изменений объемных теплоемкостей в зависимости от инертных добавок N_2 и CO_2 оказалось, что при увеличении последних до 60% объемная теплоемкость, в случае применения CO_2 , увеличилась с $1,26 \times 10^{-3}$ до $1,77 \times 10^{-3}$ Дж/(м³·град), а теплопроводность уменьшилась в пределах $7,39 \times 10^{-5}$ – $3,05 \times 10^{-5}$ кВт/(м·град). При добавке N_2 до 60 % объемная теплоемкость увеличилась до $1,3 \times 10^{-3}$ Дж/(м³·град), а теплопроводность уменьшилась до $3,34 \times 10^{-5}$ кВт/(м·град).

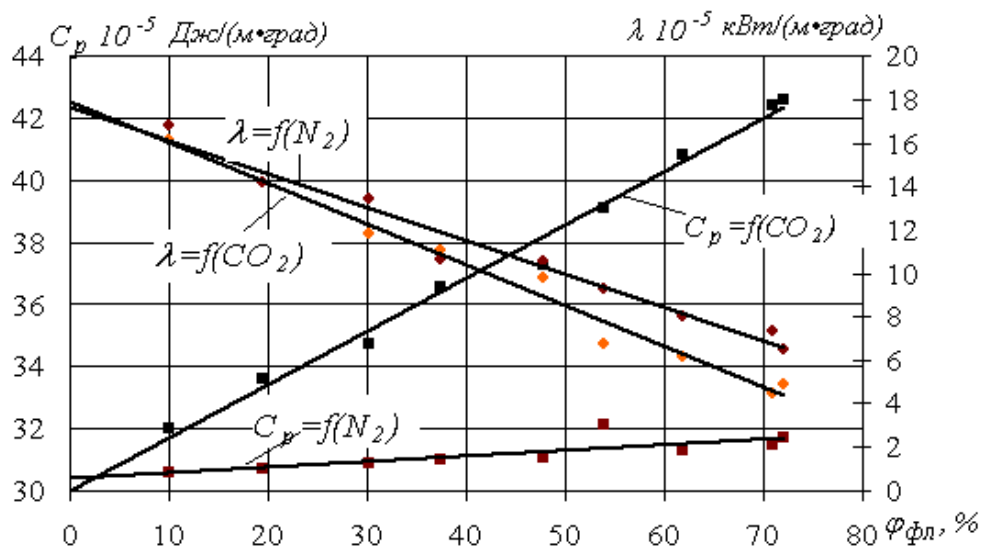


Рис.1. Изменение объемной теплоемкости (C_p) и теплопроводности (λ) в зависимости от концентрации и природы инертных добавок

Таким образом, действие инертных разбавителей преимущественно связано со способностью понижать теплопроводность и повышать объемную теплоемкость, которые играют основную роль в процессах воспламенения и распространения пламени.

На рис. 2 приведена зависимость КПР пламени от объемной теплоемкости, теплопроводности и температуропроводности, что дает возможность более наглядно представить изменение физических свойств газовой смеси за счет вводимых инертных добавок, а также установить качественную и количественную связь между верхними КПР пламени и объемной теплоемкостью, теплопроводностью и температуропроводностью смеси.

Как следует из рис. 2, при добавке инертных примесей до полной флегматизации КПР пламени снижаются за счет изменения объемной теплоемкости, теплопроводности и температуропроводности.

Сопоставление изменений объемных теплоемкостей в зависимости от предельных концентраций генераторного газа показывает, что для одних и тех же КПР пламени численные значения объемных теплоемкостей резко отличаются между собой.

В результате не представляется возможным установить единую зависимость между КПР пламени и объемной теплоемкостью для различных флегматизирующих добавок. Кроме того, на основании объемной теплоемкости невозможно судить о качественном влиянии флегматизаторов на КПР пламени.

Между КПР пламени, теплопроводностью и температуропроводностью существует нелинейная зависимость (см. рис. 1) [1]. На основании анализа данной зависимости можно отметить, что КПР пламени изменяются от количества введенных инертных добавок и от способности флегматизирующих добавок проводить тепло.

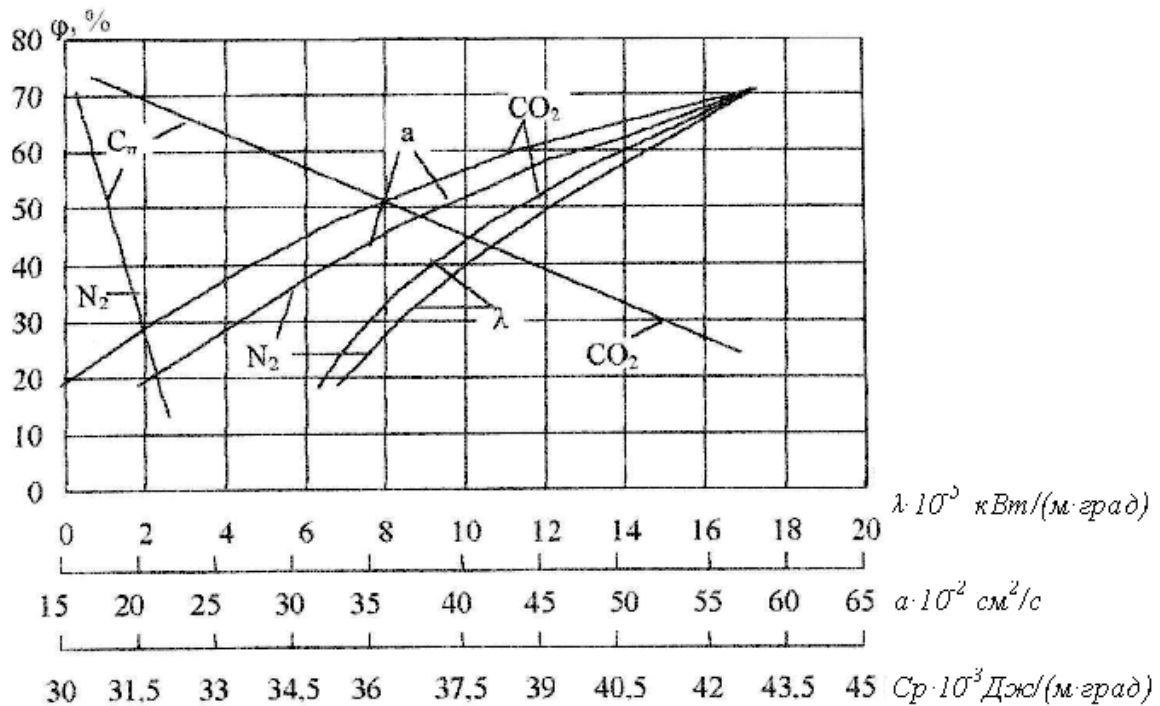


Рис2. Зависимость КПР пламени (φ) от объемной теплоемкости (C_p), теплопроводности (λ) и температуропроводности (a), изменяющихся при введении флегматизатора

Это подтверждается тем, что для полной флегматизации наиболее взрывоопасных составов генераторных газов требуется 72% азота и 61% углекислого газа. При этом теплопроводность газовой смеси одна и та же $2,7 \times 10^{-5}$ кВт/(м·град).

Рассмотрим наиболее важный фактор, влияющий на КПР пламени в зависимости от количества и природы флегматизирующих добавок — температуропроводность.

С увеличением количества инертных добавок, азота или углекислого газа, температуропроводность уменьшается, в результате скорость реакции так же уменьшается и оказывает определенное влияние на изменение КПП пламени.

При уменьшении температуропроводности с 0,58 до 0,525 см²/с степень влияния азота и углекислого газа (до 10% концентрации) на КПП пламени практически одинакова.

По мере увеличения добавок азота и углекислого газа во взрывоопасные смеси температуропроводность уменьшается за счет теплопроводности и объемной теплоемкости, в результате КПП пламени сужаются.

Таким образом, чем меньше теплопроводность или температуропроводность, тем больше КПП пламени зависят от флегматизирующих добавок. На основании рассматриваемых зависимостей можно заключить, что влияние инертных добавок на КПП пламени оказывает физическое воздействие.

Из анализа экспериментальных данных, а также полученных зависимостей видно, что для генераторных газов, состоящих в основном из H_2 и CO , и в случае преобладания H_2 (в два раза) над CO , свойства газовой смеси подобны чистому водороду и влияние инертных добавок оказывает на КПП пламени не сложное, а простое действие.

Вывод. На практике возможно использование инертных газов (CO_2 или N_2) для предупреждения образования взрывоопасных смесей.

Учитывая указанное выше действие азота вполне допустимо совместное действие разбавителей CO_2 и N_2 принимать условно равноценным действию одного азота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Луценко Ю.В., Тарахно Е.В., Олейник В.В. Влияние инертных примесей на концентрационные пределы распространения пламени генераторных газов // Пожарная безопасность. Сб. научн. тр. – Харьков: ХИПБ, 1997. – вып. 2 – С. 103-106.
2. Луценко Ю.В., Шульга И.В. Олейник В.В. Деревянко И.Г. Оценка изменения качественного состава и пожарной опасности генераторных газов в зависимости от технологических факторов // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. – Харьков: ХИПБ, 1998. – вып. 4 – С.129-133.
3. Луценко Ю.В., Яровой Е.А. Получение горючих газов методом подземной газификации углей // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. – Харьков: УГЗУ, 2006. – вып. 20 – С. 128-132.