

$$k_{5,\xi_2} = -A_2 \delta_0 / (2\xi_2);$$

$$k_6 = A_1 + A_2 \left( \frac{\delta_0}{2(p_0 - p_{20})} - \frac{k_1 \delta_0}{2v_0} \right).$$

Применяя обратное преобразование по Лапласу к полученной-передаточной функции, определим переходную функцию:

$$\Delta x_3(\tau) = ((k_6/k_2)(G_{20}/\xi_{20})(1 - e^{k_4\tau}) - A_2 \delta_0 / (2\xi_2)) \Delta \xi_2. \quad (21)$$

На рис. 2 представлены кривые разгона по паросодержанию  $x_3$  при возмущении клапаном  $D_2$ , рассчитанные по формуле (21) (кривая 1) и полученные экспериментально на Лукомльской ГРЭС (кривая 2), которые удовлетворительно согласуются.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы XXVII съезда Коммунистической партии Советского Союза. — М.: Политиздат, 1986. — С. 265–335.
2. Системы регулирования узла встроенного сепаратора / В.К. Судиловский, Ю.В. Мулев, А.В. Щербич, В.Г. Билуха. — Научные и прикладные проблемы энергетики. — 1986. — Вып. 13. — С. 20–23.
3. Крашенинников В.В., Доверман Г.И., Миронова В.А. Расчет динамических характеристик перегретельного тракта прямооточного котла при пуске блока // Теплоэнергетика. — № 1. — 1972. — С. 50–53.
4. Крашенинников В.В., Доверман Г.И. Математическое моделирование динамических свойств прямооточного котла при пуске // Теплоэнергетика. — № 4. — 1973. — С. 14–22.
5. Серов Е.П., Корольков Б.П. Динамика парогенераторов. — М.: Энергоиздат, 1981. — 408 с.

УДК 621.182

В.А. КОВАЛЕВ, С.В. СОМОВА,  
Н.Н. САПУН, Б.М. РУДЕНКОВ,  
канд-ты техн. наук (БПИ),  
В.В. МАЙОРОВ (ВПО "Каустик")

### ВОЗМОЖНОСТИ СЖИГАНИЯ ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫХ СМОЛ В ТОПКАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОТЛОВ

Газы, образующиеся в процессе производства поливинилхлоридных смол (ПВХС), сжигаются в факеле. Выделяющаяся при этом теплота в настоящее время не имеет практического применения. Сжигание сбросного (факельного) газа в топках промышленных котлов позволит не только улучшить экологические характеристики процесса, но и использовать его теплоту для выработки пара. При этом сэкономится значительное количество первичного топлива.

Рассматриваемый газ состоит из водорода, оксида углерода, метана, ряда непредельных углеводородов состава  $C_m H_n$  ( $m = 2 \dots 4$ ,  $n = 2 \dots 6$ ), бензола и хлоралифатических соединений — дихлорэтана и винилхлорида. Кроме горючих составляющих, в сбросном газе имеется значительное количество водяных

паров, диоксида углерода и азота.

Из-за наличия CO этот газ относится к ядовитым, а присутствие в его составе водорода (44 % по объему) обуславливает высокую взрывоопасность газовой смеси. Кроме того, при сжигании хлорсодержащих продуктов возможно образование и таких токсичных веществ, как фосген, свободный хлор.

Проанализируем процесс горения данной газовой смеси.

Теплота сгорания газовой смеси определяется по формуле [1]

$$Q_H^p = \left[ \frac{q_{CO} CO + q_{H_2} H_2 + q_{CH_4} CH_4 + \sum q_{C_m H_n} C_m H_n + \sum q_{C_m H_n Cl_p} C_m H_n Cl_p}{100} \right],$$

где  $q_{CO}$ ,  $q_{H_2}$ ,  $q_{CH_4}$ ,  $q_{C_m H_n}$ ,  $q_{C_m H_n Cl_p}$  – теплота реакции сгорания отдельных компонентов смеси [1, 2]; CO,  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_m H_n$ ,  $C_m H_n Cl_p$  – содержание горючих компонентов в газовой смеси, % по объему.

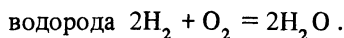
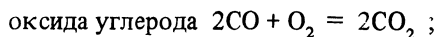
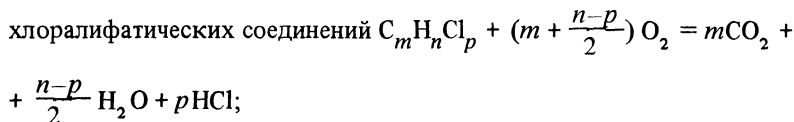
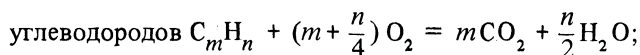
Теплота сгорания любого из перечисленных компонентов сбросного газа вычисляется согласно [2].

Произведя соответствующие расчеты, определим теплоту сгорания газовой смеси: она равна 20150 кДж/нм<sup>3</sup>.

Особенности горения факельного газа определяются его компонентным составом. Окисление каждого компонента смеси представляет собой реакцию с разветвленными цепями, когда каждая активная молекула быстро порождает ряд новых активных центров, ускоряющих процесс.

Последовательность элементарных реакций горения компонентов газовой смеси можно представить в виде схемы [3]. Из ее анализа следует вывод о том, что в результате неполного окисления продуктов реакции возможно образование различных альдегидов, а также фосгена и свободного хлора [4]. При избытке же кислорода и правильной организации режима горения конечными продуктами реакции окисления будут  $CO_2$ ,  $H_2O$ , HCl.

В общем виде процесс окисления газовой смеси, полученной при производстве ПВХС, можно представить в виде следующих реакций окисления:



Таким образом, один из продуктов полного сгорания сбросного газа – хлористый водород, который в настоящее время является загрязнителем атмосферы. При сжигании факельного газа в топках промышленных агрегатов

хлористый водород будет вызывать интенсивную низкотемпературную коррозию хвостовых поверхностей котлоагрегатов при температуре дымовых газов, близкой к точке росы (для  $\text{HCl} - 105^\circ\text{C}$ ). При температуре дымовых газов за котлом  $150...130^\circ\text{C}$  и организации мокрой очистки дымовых газов после выхода из котла можно избежать вредного воздействия хлористого водорода.

Произведем расчет горения газовой смеси согласно [5]. Имеется следующий состав продуктов сгорания с коэффициентом избытка воздуха  $\alpha$ , равным 1:  $V_{\text{CO}_2} = 0,68 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$ ;  $V_{\text{N}_2\text{O}} = 1,01$ ;  $V_{\text{N}_2} = 3,52$ ;  $V_{\text{HCl}} = 0,002$ ;  $V_{\text{T}} = 5,212 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$  ( $V^0 = 4,41 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$ ). Жаропроизводительность газовой смеси, подсчитанная по упрощенной формуле Равича, равна  $2300^\circ\text{C}$ , расчетная температура ее горения —  $2130^\circ\text{C}$ . Пределы взрываемости газозвушной смеси (с учетом балласта) —  $6...44\%$ , скорость распространения пламени —  $253 \text{ м/с}$ , что объясняется высоким содержанием водорода в газовой смеси. Поэтому при сжигании факельного газа в топках промышленных агрегатов необходимо учитывать данные особенности газа и повышенное внимание обращать на выбор горелочных устройств и автоматику, обеспечивающую безопасность сжигания.

Был произведен тепловой расчет котельного агрегата ДЕ-10/14, использующего в качестве топлива факельный газ. В результате расчетов установлено, что объем топочной камеры и площади поверхностей нагрева соответствуют оптимальным и реконструкции котла не требуется. При использовании факельного газа в котельной, оборудованной двумя рабочими котлами указанного типа, выработка пара составит  $20 \text{ т/ч}$ . При этом достигается экономия топлива (условного):

$$B_{\text{т.у}} = 0,143 \cdot Q_{\text{H}}^{\text{P}} \cdot V \cdot \tau \cdot \eta_{\text{исп}} = 11500 \text{ т топлива (условного) / год.}$$

Таким образом, при сжигании факельного газа в качестве топлива в промышленных котельных возможна значительная экономия топливных ресурсов. В качестве горелочных устройств предпочтительнее горелки, предназначенные для сжигания водорода. При организации мокрой очистки дымовых газов значительно снизится загрязнение атмосферного воздуха.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К а з а н ц е в Е.И. Промышленные печи. — М.: Металлургия, 1975. — 268 с. 2. Справочник химика / Под ред. Б.П.Никольского. — М.: Химия, 1971. — Т. 1. — 1072 с. 3. А в р а м е н к о Л.И., К о л е с н и к о в а К.В. Экспериментальное определение последовательности элементарных реакций атомов и радикалов // Цепные реакции окисления углеводорода в газовой фазе. — М.: Изд. АН СССР. — 1955. — С. 187–209. 4. Методы элементо-органической химии. Хлоралифатические соединения. — М.: Наука, 1979. — 750 с. 5. Н и г м а т у л л и н И.Н. Тепловые двигатели. — М.: Высш. шк., 1974. — 375 с.