

Получены теоретические результаты, имеющие непосредственное применение для конкретных технологических задач.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексная технология производства шарикоподшипниковой стали ШХ15СГ в условиях РУП «Белорусский металлургический завод» / В. И. Тимошпольский, В. В. Филиппов, А. Б. Стеблов и др. // *Литье и металлургия*. – 2001. – № 4. – С. 97–102.

2. Тимошпольский В. И. *Теплотехнологические основы металлургических процессов и агрегатов высшего технического уровня*. – Мн.: *Навука і тэхніка*, 1995. – 256 с.

3. Стальной слиток: В 3 т. – Т. 3: Нагрев / В. И. Тимошпольский, Ю. А. Самойлович, И. А. Трусова и др.; Под общ. ред. В. И. Тимошпольского, Ю. А. Самойловича. – Мн.: *Белорусская наука*, 2001. – 879 с.

4. Разработка концепции энергосберегающих совмещенных теплотехнологических процессов в металлургических теплотехнологиях / В. И. Тимошпольский, Ю. А. Самойлович, В. В. Филиппов и др. // *Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ)*. – 2002. – № 1. – С. 54–61.

5. Lanford W. T. Some considerations of Strength and Ductility in the Continuous casting Process // *Metallurgical Transactions*. – 1972. – Vol. 3, June. – P. 1331–1357.

6. Колмогоров В. Л., Богатов А. А., Мигачев Б. А. *Пластичность и разрушение*. – М.: *Металлургия*, 1977. – 336 с.

7. Расчет температур, напряжений и деформаций при производстве непрерывнолитых заготовок. – Сообщение 1: Решение связанных задач нестационарной термовязкоупругости для затвердевающих заготовок в ходе непрерывного литья / Ю. А. Самойлович, В. И. Тимошпольский, И. А. Трусова, В. А. Маточкин // *Литье и металлургия*. – 2002. – № 3. – С. 53–59.

8. Расчет температур, напряжений и деформаций при производстве непрерывнолитых заготовок. – Сообщение 2: Термические напряжения в непрерывнолитых заготовках при нагреве перед прокаткой / Ю. А. Самойлович, В. И. Тимошпольский, В. А. Маточкин и др. // *Литье и металлургия*. – 2002. – № 3. – С. 60–65.

9. Колмогоров В. Л. *Напряжения. Деформации. Разрушение*. – Л., *Металлургиздат*, 1970. – 229 с.

10. Дергунов И. Д. Определение периода релаксации углеродистых сталей и цветных металлов // *Журнал технической физики*. – 1951. – Т. 21. Вып. 12. – С. 1526–1534.

Представлена

НТС УНПО «БНТУ–БМЗ»

Поступила 18.10.2002

УДК 536.244+621.032

## **ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССОВ, СОПУТСТВУЮЩИХ СЖИГАНИЮ ИСКУССТВЕННОГО ГАЗА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЙ**

**Докт. техн. наук, проф. НЕСЕНЧУК А. П.,**

**кандидаты техн. наук, профессора КОПКО В. М., СЕДНИН В. А.,**

**инженеры РЫЖОВА Т. В., ШКЛОВЧИК Д. И., ФОМЕНКО О. Г., АЙДАРОВА З. Б.**

*Белорусский национальный технический университет*

Проблема целесообразности повышения энергетической способности искусственного горючего газа (до его сжигания в качестве первичного топлива) путем очистки от балластной составляющей элементарного состава  $\text{CO}_2$  может быть решена в результате анализа экзо- и эндопроцессов, происходящих в зонах 2 и 3 (рис. 1). Эндо- и экзопроцессы должны рассмат-

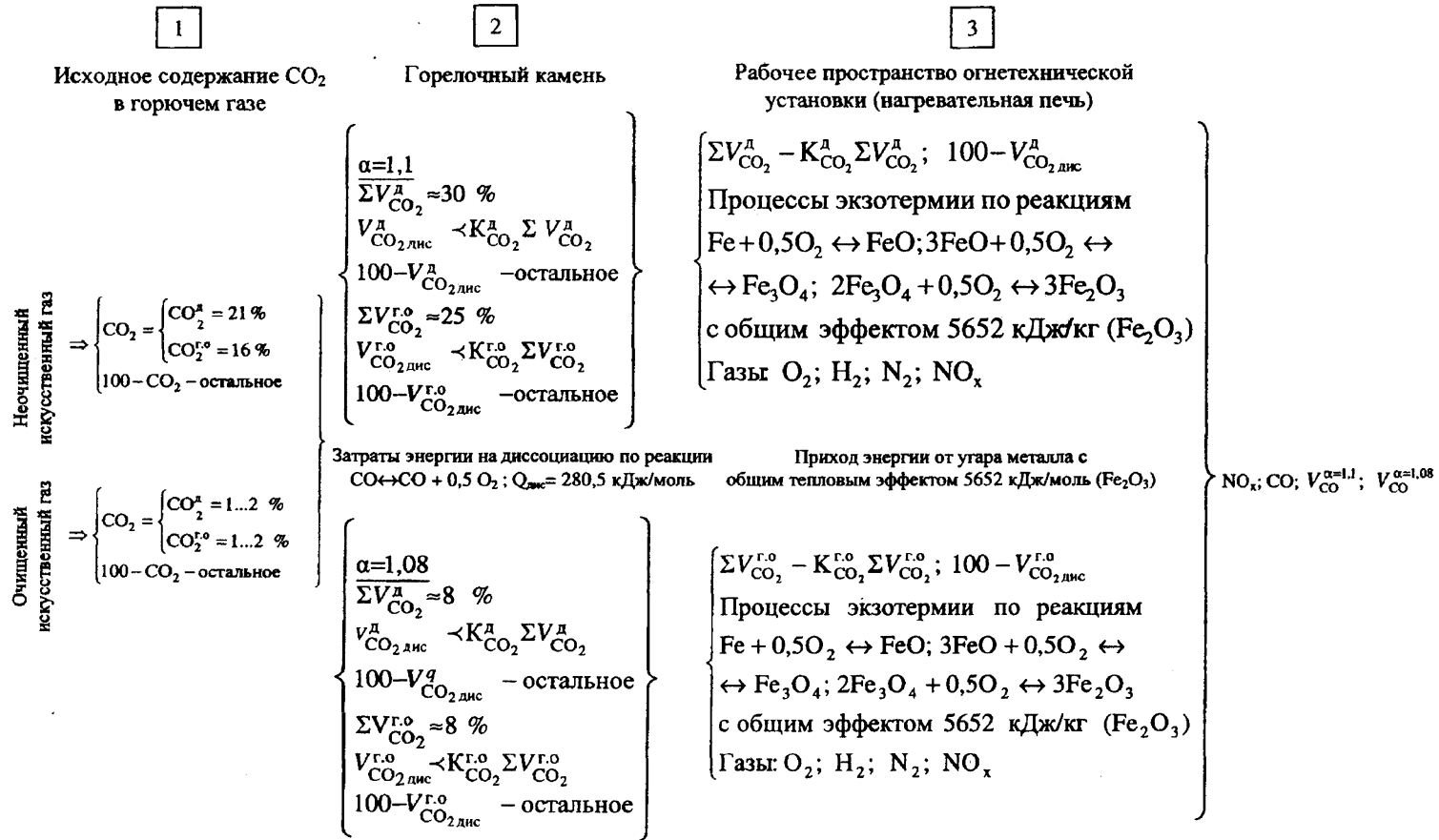


Рис. 1. Энерго-экологическая схема

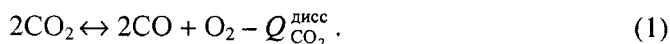
риваться применительно к реальной обстановке системы «процессы основного горения – диссоциация – процессы нагрева». Для такого анализа предложена упрощенная схема системы, позволяющая также выполнить количественную оценку процессов, происходящих при сжигании топлива в высокотемпературной установке. В качестве объекта анализа выбрана нагревательная печь, в которой протекают высокотемпературные физико- и химикотермические преобразования.

Условно схема разделена авторами на три самостоятельные зоны:

- подвода очищенного (неочищенного) горючего газа;
- горелочного камня сожигательного устройства;
- рабочего пространства нагревательной печи.

Дальнейшему рассмотрению будут подвергаться варианты сжигания обогащенного и необогащенного газа. К сожигательным устройствам (зона 1, рис. 1) высокотемпературной установки подводится топливо, обогащенное путем извлечения из элементарного состава молекулы  $\text{CO}_2$ . Остаточное содержание диоксида углерода находится на уровне 1...2 % (извлечение  $\text{CO}_2$  происходит непосредственно в газогенераторе). При этом  $\text{CO}_2$  не сбрасывается в атмосферу, а используется как дополнительный целевой продукт в промышленных теплотехнологиях Республики Беларусь.

В горелочном камне (зона 2, рис. 1) и факеле (горелка с частичным предварительным смешением) происходит диссоциация диоксида углерода, оставшегося после обогащения и горения горючего газа. Горючий газ в зоне 1 (при условии его обогащения) поступает с содержанием  $\text{CO}_2$  на уровне 1...2 %. Затем в зоне 2 происходит его горение и содержание  $\text{CO}_2$  возрастает до 8 %. Здесь же трехатомные продукты сгорания диссоциируют в соответствии с реакцией



Общее количество диссоциированных газов, согласно (1), запишется:

$$\begin{aligned} \Delta V_{\text{CO}_2=30\%}^{\text{д}} &= \sum V_{\text{CO}_2=30\%}^{\text{д}} - K_{\text{CO}_2}^{\text{д}} \sum V_{\text{CO}_2=30\%}^{\text{д}}; \\ \Delta V_{\text{CO}_2=8\%}^{\text{г.о}} &= \sum V_{\text{CO}_2=8\%}^{\text{г.о}} - K_{\text{CO}_2}^{\text{г.о}} \sum V_{\text{CO}_2=8\%}^{\text{г.о}}; \\ \Delta V_{\text{CO}_2=1...2\%}^{\text{д}} &= \sum V_{\text{CO}_2=1...2\%}^{\text{д}} - K_{\text{CO}_2}^{\text{д}} \sum V_{\text{CO}_2=1...2\%}^{\text{д}}; \\ \Delta V_{\text{CO}_2=1...2\%}^{\text{г.о}} &= \sum V_{\text{CO}_2=1...2\%}^{\text{г.о}} - K_{\text{CO}_2}^{\text{г.о}} \sum V_{\text{CO}_2=1...2\%}^{\text{г.о}}. \end{aligned} \quad (2)$$

Соотношения (2) записаны для неочищенных горючих искусственных газов и очищенных до 1...2 %  $\text{CO}_2$ .

В зоне 2 (рис. 1) появляется дополнительное количество оксида углерода, которое в зоне 3 частично доокисляется до  $\text{CO}_2$ , а также значительное количество кислорода, которое здесь же вступает во взаимодействие с нагреваемой в печи садкой по реакциям:



Обращаясь к табл. 1 [1], для дальнейшего рассмотрения принимают в качестве базового серийно выпускаемый газогенератор ГГ-200 с тепловой мощностью 200 кВт ( $172 \cdot 10^3$  ккал/ч).

Часовая производительность такого газогенератора по горячему газу составляет

$$V = \frac{172 \cdot 10^3}{1,9 \cdot 10^3} \approx 90 \text{ м}^3 (\text{норм.})/\text{ч}$$

при расходе твердого топлива (древесные отходы) порядка 33 кг.

Таблица 1

Характеристики генераторов типа ГГ [1]

Параметры генератора	Типоряд генераторов ГГ			
	ГГ-30	ГГ-60	ГГ-100	ГГ-200
Тепловая мощность, кВт	30	60	100	200
Коэффициент полезного действия, %	92	92	92	92
Расход топлива, кг/ч:				
– на торфе	9	18,5	30,0	57,0
– на щепе	10,5	21,0	34,0	65,0
– на опилках (стружках)	8,0	12,5	16,5	33,0

На поз. 2 рис. 2 происходит термическая регенерация (восстановление) сорбента путем его нагрева до 250 °С в кипятыльнике 2 схемы. Для этого используется физическая теплота горячего газа и очага генерации биомассы, которой с избытком хватает для нагрева массы сорбента  $M_{CaA}$  до температуры 250 °С.

На поз. 2 рис. 2 происходит выделение дополнительного целевого продукта в количестве

$$M_{CaA} (\alpha_{CaA}^{8\%} - \alpha_{CaA}^{1,5\%}) \text{ кг/ч}, \quad (4)$$

где  $\alpha_{CaA}^{8\%}$  и  $\alpha_{CaA}^{1,5\%}$  – соответственно адсорбция сорбента CaA на входе и выходе из кипятыльника в % от  $M_{CaA}$ .

Выделение дополнительного целевого продукта (диоксид углерода) в безотходной теплотехнологии позволяет снизить энергоемкость схемы очистки и производства основного целевого продукта – производимого горячего газа.

В отличие от поз. 2, энергоемкости поз. 6 и 10 схемы являются затратными, так как на них необходим отвод теплоты сорбции и некоторого количества физической теплоты горячего газа. Как показал опыт [2], эта теплота может быть отведена с помощью трубчатых теплообменников, в которые поступает техническая вода из системы производственного водоснабжения предприятия.

В итоге при рассмотрении рис. 2 можно сказать, что лишь поз. 6 и 10 схемы являются энергозатратными. Причем энергозатраты на них полно-

стью окупаются за счет реализации дополнительного целевого продукта, полученного в безотходной очистной теплотехнологии.

Рассмотрение схемы рис. 2 позволяет заметить, что газогенераторы типа ГГ должны быть доработаны и приняты в качестве базового варианта для Республики Беларусь. Доработка может быть выполнена на одном из машиностроительных предприятий Министерства промышленности Беларуси. Выполнив анализ тепловых процессов схемы (рис. 2), энергопотоки можно представить полосовой диаграммой рис. 3.

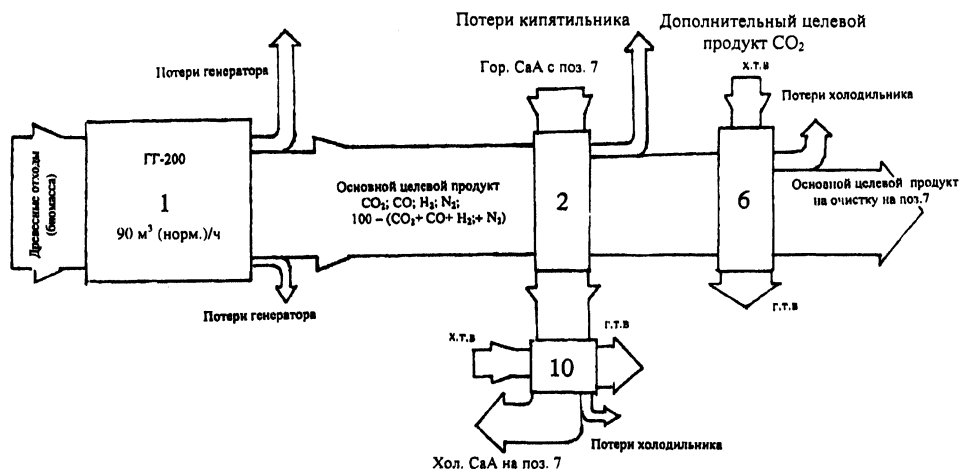


Рис. 3. Полосовая диаграмма: 1 – газогенератор; 2 – кипятильник; 6 и 10 – холодильники (рис. 2)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Б о м а с с а – топливно-энергетические ресурсы Беларуси: Механизм реализации потенциала / В. Н. Ермашкевич, Е. В. Мещерякова; Под науч. ред. акад. П. Г. Никитенко. – Мн.: ИООО «Право и экономика», 2001. – 81 с.

2. Н е с е н ч у к А. П. Разработка теоретических основ термосевдооживленного состояния дисперсного материала с целью повышения энергетической и общей эффективности промышленного производства  $\text{CO}_2$ : Автореф. дис... докт. техн. наук. – М.: МЭИ, 1987. – 41 с.

Представлена кафедрой  
промышленной теплоэнергетики  
и теплотехники

Поступила 30.05.2002