

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА БУРОГО УГЛЯ НА УСТАНОВКЕ С ЦИРКУЛИРУЮЩИМ КИПЯЩИМ СЛОЕМ КАК ОТНОШЕНИЯ ВХОД/ВЫХОД

Степанов Т.Л., группа АСУ-00а

Руководитель доц. Мокрый Г.В.

Исследуемый процесс – пиролиз бурого угля методом полукоксования и рециркулирующим коксозольным остатком (КЗО) на установке с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС). Схема установки и подробное описание процесса приведены в литературе [1,2]. Целью данной работы является определение параметров объекта управления и внутренних связей между ними, то есть получение структурных схем объекта, которые можно использовать для разработки модели процесса в пространстве состояний.

Рассматриваемый объект является сложным и нелинейным с параметрическими обратными связями. С целью выявления этих связей проводился активный эксперимент и были получены уравнения, описывающие объект в статике [3].

Полученные уравнения записаны в кодированных величинах, где центр эксперимента и интервалы варьирования для каждого технологического модуля приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Центр эксперимента (x_{i0}) и интервал варьирования (Δx_i).

	Топка			Пиролизёр		
	M_1	P	M_2	T	M_K	M_3
x_{i0}	30 кг/ч	100 КПа	20 кг/ч	850 °С	25 кг/ч	8 кг/ч
Δx_i	10 кг/ч	20 КПа	5 кг/ч	50 °С	5 кг/ч	2 кг/ч

Получим эти уравнения в физических величинах:

$$G_{K3O} = 198,09 - 4,235 \cdot G_Y - 0,3291 \cdot P - 8,872 \cdot G_{KПВ} + 0,0152 \cdot G_Y^2 + 0,0108 \cdot G_Y \cdot P + 0,0636 \cdot G_Y \cdot G_{KПВ} + 0,000111 \cdot P^2 + 0,0051 \cdot P \cdot G_{KПВ} + 0,2704 \cdot G_{KПВ}^2 - 0,000065 \cdot G_Y^2 \cdot P + 0,00086 \cdot G_Y^2 \cdot G_{KПВ} - 0,0000069 \cdot G_Y \cdot P^2 - 0,00388 \cdot G_Y \cdot G_{KПВ}^2 + 0,0000088 \cdot P^2 \cdot G_{KПВ} - 0,000296 \cdot P \cdot G_{KПВ}^2$$

$$T_{K3O} = 1568,295 - 59,9705 \cdot G_Y - 3,92931 \cdot P - 47,06 \cdot G_{KПВ} - 0,2835 \cdot G_Y^2 + 0,004653 \cdot P^2 + 0,4696 \cdot G_{KПВ}^2 + 0,154277 \cdot G_Y \cdot P + 3,048 \cdot G_Y \cdot G_{KПВ} - 0,0656 \cdot P \cdot G_{KПВ} + 0,000567 \cdot G_Y^2 \cdot P - 0,000155 \cdot G_Y \cdot P^2 - 0,06572 \cdot G_Y \cdot G_{KПВ}^2 + 0,002428 \cdot P \cdot G_{KПВ}^2 - 0,00138 \cdot G_Y \cdot P \cdot G_{KПВ}$$

$$G_{KПВ} = 18,45 + 0,8164 \cdot T_{K3O} - 6,524 \cdot G_{K3O} - 78,91 \cdot G_{Y2} + 0,004464 \cdot T_{K3O}^2 - 0,4304 \cdot G_{K3O}^2 - 3,18 \cdot G_{Y2}^2 + 0,08312 \cdot T_{K3O} \cdot G_{K3O} + 0,5065 \cdot T_{K3O} \cdot G_{Y2} + 2,538 \cdot G_{K3O} \cdot G_{Y2} - 0,000066 \cdot T_{K3O}^2 \cdot G_{K3O} + 0,00088 \cdot T_{K3O} \cdot G_{K3O}^2 - 0,000324 \cdot T_{K3O}^2 \cdot G_{Y2} + 0,005050 \cdot T_{K3O} \cdot G_{Y2}^2 - 0,036 \cdot G_{K3O}^2 \cdot G_{Y2} - 0,0445 \cdot G_{K3O} \cdot G_{Y2}^2 - 0,00178 \cdot T_{K3O} \cdot G_{K3O} \cdot G_{Y2}$$

$$\eta = 1,8015 - 0,2056 \cdot T_{K3O} + 1,588 \cdot G_{K3O} + 0,1936 \cdot G_{Y2} + 0,00006 \cdot T_{K3O}^2 + 0,3748 \cdot G_{K3O}^2 - 0,9525 \cdot G_{Y2}^2 + 0,0216 \cdot T_{K3O} \cdot G_{K3O} - 0,0416 \cdot T_{K3O} \cdot G_{Y2} - 0,48 \cdot G_{K3O} \cdot G_{Y2} - 0,000432 \cdot T_{K3O} \cdot G_{K3O}^2 + 0,0026 \cdot T_{K3O} \cdot G_{Y2}^2 + 0,03 \cdot G_{K3O} \cdot G_{Y2}^2$$

где G_Y – массовый расход подачи угля в топку, кг/ч (M_1), P – давление воздуха под решеткой, КПа (P), $G_{KПВ}$ – массовый расход смеси КЗО и полукокса в топку, кг/ч (M_2), G_{K3O} – массовый расход КЗО в пиролизер, кг/ч (M_K), T_{K3O} – температура КЗО в пиролизер, °С (T_K), G_{Y2} – массовый расход подачи угля в пиролизер, кг/ч (M_3), η – объемный выход пиролизного газа, м³/ч (N).

Объект описывается системой нелинейных уравнений:

$$\begin{cases} \eta = f_1(G_{K3O}, T_{K3O}, G_{Y2}) \\ G_{KПВ} = f_2(G_{K3O}, T_{K3O}, G_{Y2}) \\ T_{K3O} = f_3(G_{KПВ}, P, G_Y) \\ G_{K3O} = f_4(G_{KПВ}, P, G_Y) \end{cases},$$

и ограничениями, показывающими область возможных режимов: $10 \leq G_Y \leq 80$, $60 \leq P \leq 140$, $6 \leq G_{Y2} \leq 16$. При выходе за пределы ограничений процесс становится нестабильным.

Поскольку нас прежде всего интересует выход пиролизного газа, то задача стоит в исследовании зависимости $\eta = \eta(G_Y, P, G_{Y2})$.

В ходе исследования установили, как ведет себя функция производительности пиролизного газа в области проведения эксперимента: $P=100$ КПа, $20 \leq G_Y \leq 40$, $8 \leq G_{Y2} \leq 12$ (рис. 1а). Считая, что при выходе за границы эксперимента степень связи между параметрами сохраняется, получили зависимость выходного параметра в области допустимых режимов: $P=100$ КПа, $10 \leq G_Y \leq 80$, $6 \leq G_{Y2} \leq 16$ (рис. 1б). Поверхность, иллюстрирующая результаты, построена при фиксированном P , так как воздух, подаваемый под колосниковую решетку, используется для вывода установки на требуемый режим работы и стабилизации режима. Видно, что в области допустимых режимов имеется экстремум.

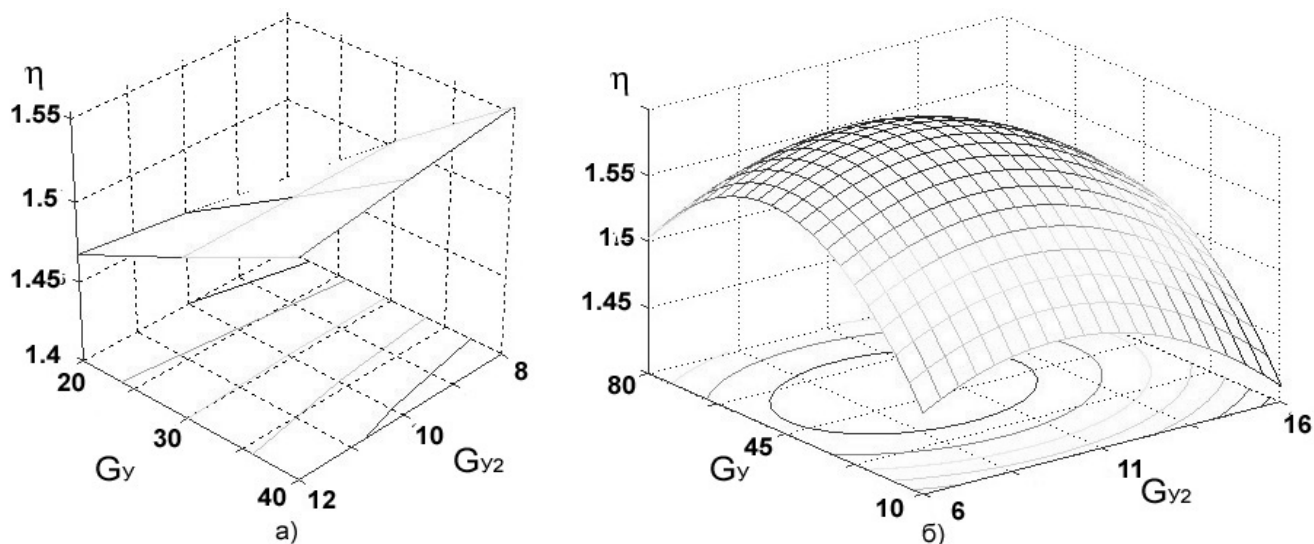


Рисунок 1 – Функция, описывающая выходной параметр – производительность пиролизного газа $\eta = \eta(G_Y, P, G_{Y2})$.

Построим структурную схему процесса пиролиза бурого угля на основе исследованных связей между параметрами. При построении динамической модели предполагалось, что передаточная функция имеет вид $W(s) = \frac{k}{T \cdot s + 1}$, где T – постоянная времени.

Рассмотрим отдельно следующие технологические модули: ТМ Топка и ТМ Пиролизер [3].

ТМ Топка. Входные параметры: G_{y1} , P , G_B , $G_{КПВ}$, $T_{КПВ}$. Контролируемые выходы: G_{K3O} , T_{K3O} . Постоянные T_1, T_2, \dots, T_5 лежат в диапазоне [100,180] сек. T_6 – в [30,80] сек.

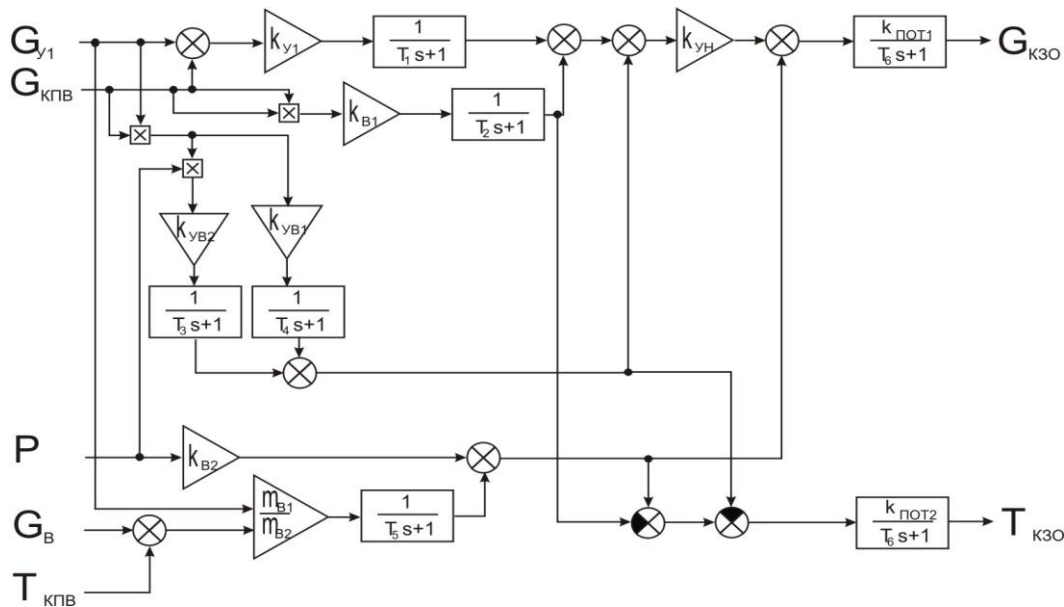


Рисунок 2 – Структурная схема ТМ Топка.

ТМ Пиролизер. Входные параметры: G_{K3O} , T_{K3O} , G_{y2} . Контролируемые выходы: $G_{КПВ}$, $T_{КПВ}$, η . Постоянные $T_7 \dots T_{11}$ лежат в диапазоне [15,60] сек.

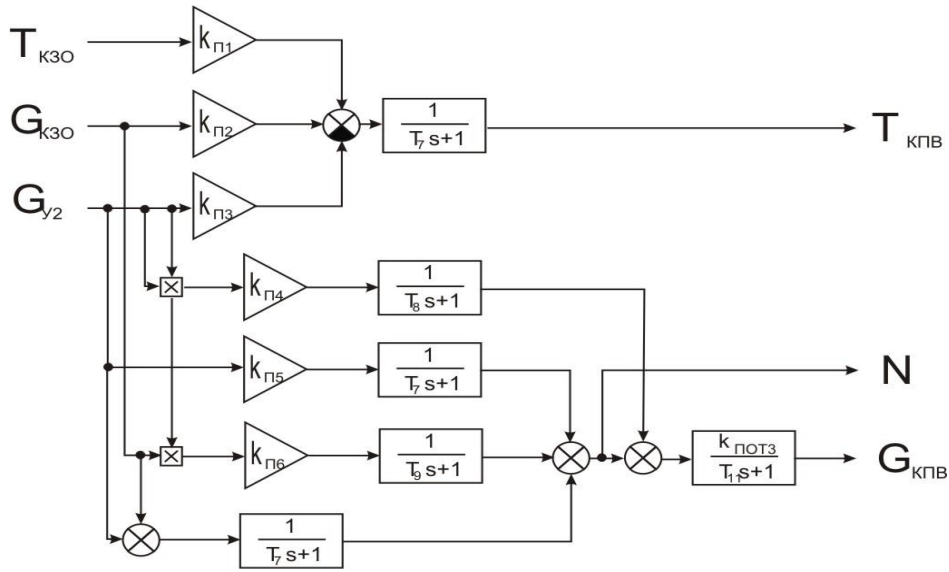


Рисунок 3 – Структурная схема ТМ Пиролизер.

Осуществляем композицию отдельных технологических модулей. Объект управления имеет 4 входа: G_Y , P , G_B , G_{Y2} и 2 выхода: $G_{КПВ}$, η , а также характеризуется внутренними обратными связями с постоянной времени T_{12} в пределах [20,60] сек.

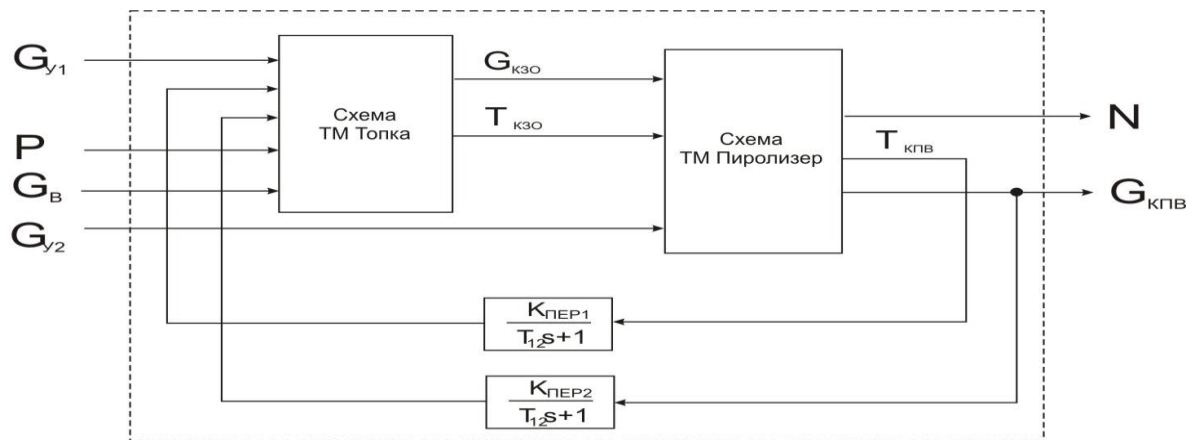


Рисунок 4 – Структурная схема объекта управления – установки пиролиза бурого угля с ЦКС.

Выводы.

1. Проведено исследование функции производительности установки по пиролизному газу: построена область допустимых режимов и установлено экстремальное значение.

2. Установлены управляющие и контролируемые параметры для каждого технологического модуля и определены внутренние связи между этими модулями.

3. Разработаны структурные модели технологических модулей Топка и Пиролизер, которые можно использовать при дальнейшем синтезе.

Литература.

1. Балансовые термодинамические расчёты процессов горения и газификации углей в ЦКС под давлением / Дудник А.Н., Майстренко А.Ю., Онищенко С.В., Топал А.Н. // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1999. – № 6. – С.19-29.

2. Бессараб В.И., Мокрый Г.В., Червинский В.В. Разработка структуры математической модели процесса газификации угля на установках с циркулирующим кипящим слоем. – Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація, випуск: - Донецьк: ДонНТУ, 2003. – №59. – С.16 – 23.

3. Мокрый Г.В., Степанов Т.Л. Построение математической модели процесса газификации угля методом планирования эксперимента. – Собрание студенческих научных трудов факультета. – Донецк, ДонНТУ, 2004. – С.