

УДК 621.3.078

С.Ф. ЖУКОВ (д-р техн. наук, проф.), **А.И. ВАЖИНСКИЙ**
 Государственное высшее учебное заведение
 «Донецкий национальный технический университет»
center@quantum.com.ua

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

Рассматривается процесс автоматизации подготовки шихтовых материалов агломерационного процесса с заданной производительностью и качеством

Ключевые слова: *весовое дозирование, предиктор, система визуализации, электротехнический комплекс.*

В технологии дозирования материалов очень важно соблюдать весовое соотношение всех компонентов шихты для обеспечения стабильного химического состава. При этом труднодозировуемый компонент является основным, следовательно, поддержание стабильного соотношения данного компонента и остальных компонентов смеси является важной задачей. Основной проблемой при дозировке является временное рассогласование процесса выдачи материала из бункера и процесса измерения текущего веса материала на транспортере. Фактически это время задержки является временем прохождения материала от бункера до весоизмерителя. Примером системы с запаздыванием служит дозирование руды в процессе подготовки материалов металлургического процесса.

Для повышения точности дозирования руды и ликвидации временной задержки управляющего воздействия необходимо разработать программу управления дозированием, учитывающую динамику агломерационного процесса [1]. Для совершенствования алгоритма управления электротехническим комплексом весового дозирования возможно путем использования специальной структуры ПИД – регуляторов, известных в литературе как предиктор Смита [2].

На рис. 1 представлена схема управления для одного бункера.

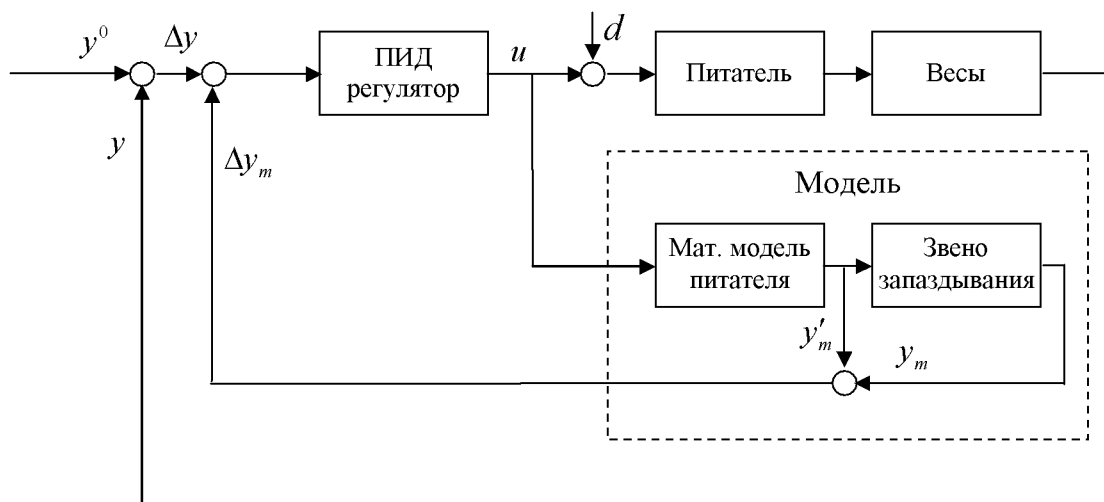


Рисунок 1 - Схема управления скоростью питателя бункера с использованием Предиктора Смита.

На представленной схеме y^0 – текущее задание, оно сравнивается с фактическими показаниями весов y . В результате получаем сигнал ошибки: $\Delta y = y^0 - y$. Ошибка Δy является запаздывающей, т.к. показания весов y отстают во времени на период τ . Поэтому далее она сравнивается с моделируемой ошибкой Δy_m , которая равна разности между производительностью питателя, вычисленной по математической модели, y'_m и той же производительностью через период τ : $\Delta y_m = y'_m - y_m$. Результирующая ошибка подается на ПИД регулятор, который выдает управляющее воздействие u . По этому воздействию вычисляется предполагаемая производительность питателя y'_m . На выходе звена запаздывания выдается предполагаемые показания весов y_m .

© Жуков С. Ф., Важинский А.И., 2012

Для реализации системы необходима математическая модель зависимости производительности питателя от его частоты вращения:

$$P = f(F) \quad (1)$$

где P – производительность (кг/м); F – частота вращения питателя (Гц).

$$P = A \cdot F + B \quad (2)$$

Коэффициенты A и B будут различными для каждого из бункеров и будут сгруппированы в специальный блок данных, обрабатываемый подсистемой прогнозирования.

Результатом экспериментального исследования поведения комплекса весового дозирования при изменении задания на регуляторы стало построение характеристик, представленных на рис. 2. Как видно из кривых на рис. 2, построенных на основе данных табл. 1, зависимость (2) линейна.

Таблица 1- Зависимость производительности питателей от их частоты вращения

Частота, Гц	Производительность, кг/м									
	51	52	53	54	55	58	59	60	61	62
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	5	3,5	4,5	5	5,5	4	3	5	3,5	5
10	10,5	6,5	9	11	10	8	6	11	8	10
15	15	10	13	16	14	12	9,5	17	10,5	13
20	20	13	18	21	19	16	12,5	24	13,5	16
25	25	16	22	26	23	20	15,5	29,5	16,5	19
30	30	18,5	27	32	28	24	18	35	20,5	23

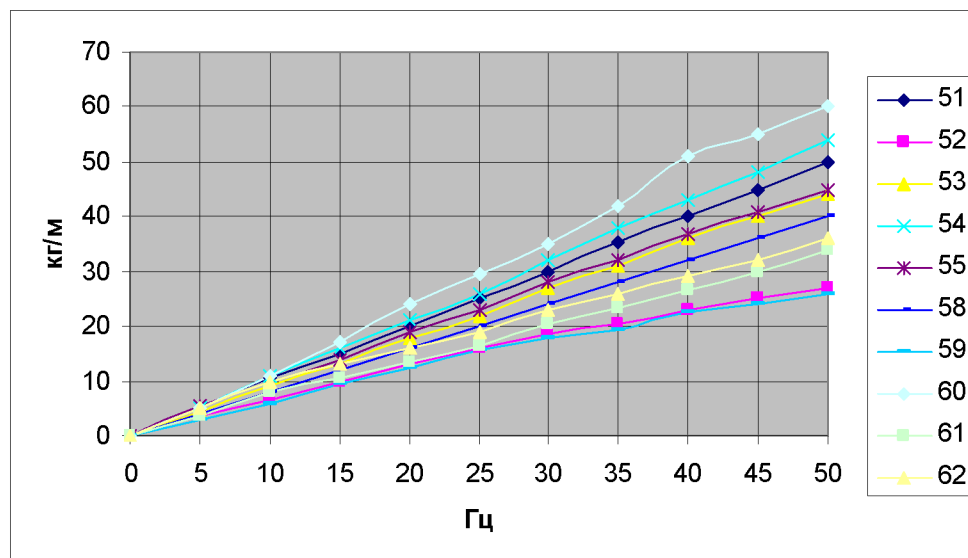


Рисунок 2 - Графики зависимости производительности питателей от их частоты вращения

Передаточные функции управления системой представлены выражениями (3) – (5)

$$P_m(s) = G_m(s)e^{-s\tau} \quad (3)$$

$$G_m(s) = \frac{\mu_m}{1 + sT_m} \quad (4)$$

$$R(s) = \frac{R_{PID}(s)}{1 + R_{PID}(s) * (1 - e^{-s\tau_m})} \quad (5)$$

На рис.3 представлена структурная схема реализации алгоритма предиктора. Здесь R – обычный ПИД_регулятор, $P_0 e^{-sl}$ – передаточная характеристика объекта управления. Принцип работы системы состоит в следующем. Предположим, что модель абсолютна точна. Тогда разность сигналов на выходах модели и объекта будет равна нулю ($\varepsilon = 0$). Но в таком случае непосредственно из схемы на рис.3 можно получить:

$$y = P_0 e^{-sL} \left(\frac{R}{1 + RM_0} \right) r = \left(\frac{P_0 R}{1 + P_0 R} e^{-sL} \right) r \tag{6}$$

В этом выражении член $\left(\frac{P_0 R}{1 + P_0 R} \right)$ представляет собой передаточную функцию системы без транспортной задержки. А это значит, что звено с транспортной задержкой не входит в контур обратной связи и не влияет на устойчивость и быстродействие системы. То есть происходит регулирование в контуре с моделью без задержки, а транспортная задержка только добавляется к полученному результату. Рассмотрим теперь работу предиктора без предположения $\varepsilon = 0$. В этом случае схему на рис. 3 можно описать уравнениями:

$$y = P_0 e^{-sL} R(r - \varepsilon - M_0 u), \varepsilon = y - M_0 e^{-sL} u, y = P_0 e^{-sL} u \tag{7}$$

откуда получается уравнение (8)

$$y = \left[\frac{P_0 R}{1 + RM_0 + R(P_0 - M_0) e^{-sL}} \right] e^{-sL} r \tag{8}$$

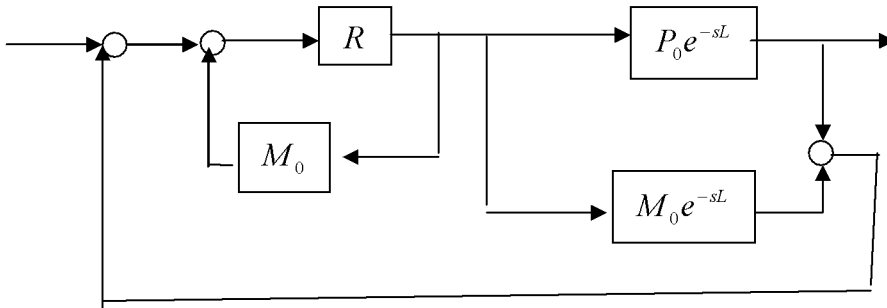


Рисунок 3 - Структурная схема Предиктора Смита.

С учетом выражений (6) – (11) преобразуется структурная схема (рис. 3) предиктора к виду рис. 4.

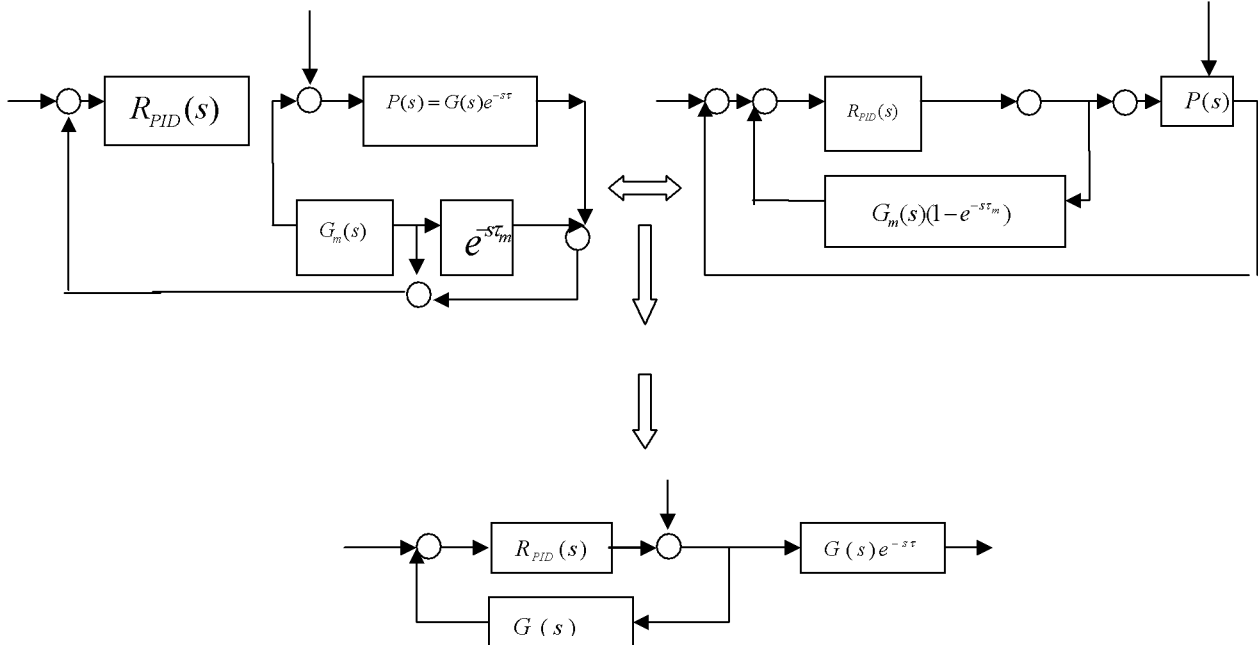


Рисунок 4 - Эквивалентная схема предиктора.

Практическая реализация системы управления на основе приведенного выше описания алгоритма устранения запаздывания включает следующие подсистемы:

- сбора и анализа входных величин, коэффициентов и измеряемых параметров.

- прогнозирования управляющих воздействий, основанная на математической модели.
- непосредственного управления и выдачи управляющих воздействий на дозаторы бункеров.

Процесс дозирования компонентов шихты включает в себя ряд операций. Вдоль цепи ленточных конвейеров находятся бункеры с различными компонентами шихты, все эти компоненты в заданной пропорции сыплются на ленту конвейера, далее эта смесь направляется в барабан первичного смешивания. На нескольких участках цепи конвейеров находится весоизмерительное оборудование, контролирующее текущий вес шихты. Бункеры кокса и известняка содержат собственные ленточные весовые дозаторы.

Подсистема сбора и анализа входных величин получает данные о текущем весе шихты на различных участках цепи конвейеров. Эти данные обрабатываются, и на монитор дозировщика выводится текущий вес шихты с учетом веса отдельных компонентов. Также для кокса и известняка выводится текущий вес для каждого бункера. При этом данные с каждой контрольной точки, где вес шихты изменяется, записываются в соответствующий массив, который каждую секунду сдвигается в соответствии с движением шихты по транспортерам.

Технологически важно равномерное распределение шихты по ленте в соответствии с заданным весом и заданной пропорцией всех ее компонентов. Для достижения данного критерия была разработана подсистема прогнозирования управляющих воздействий. Математическая модель отвечает за учет временных задержек, связанных с движением шихты от бункера к весам и с движением шихты по транспортеру до следующего бункера. Таким образом, сформированное управляющее воздействие для каждого бункера динамически подается на соответствующий питатель в соответствующий момент времени. Данные о расчетном весе материала, выдаваемого из каждого бункера, также записываются в сдвигаемый во времени массив. Элементы этих спрогнозированных для каждого бункера массивов участвуют в расчете управляющего воздействия для частотного преобразователя соответствующего бункера.

На рис. 5 представлена структура системы управления.

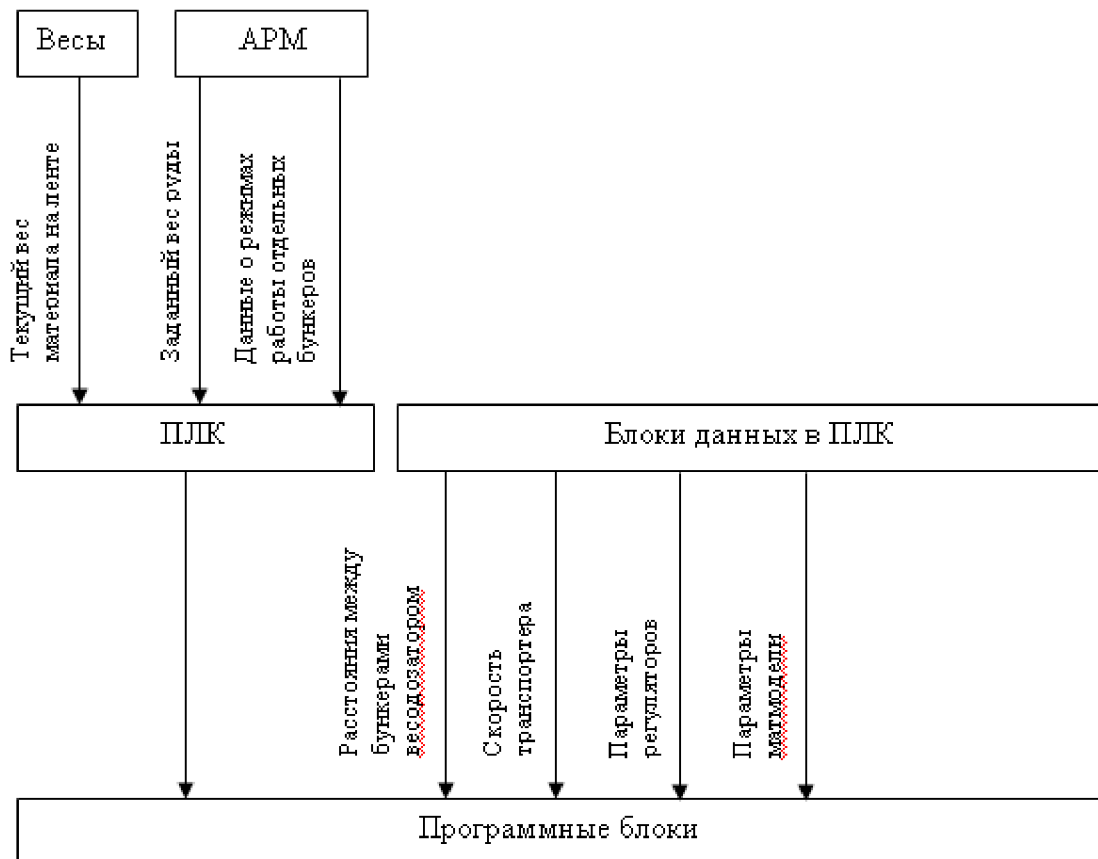


Рисунок 5 - Структура системы управления комплексом весового дозирования.

Система обеспечивает обработку постоянных величин, заданных как в программируемый логический контроллер (ПЛК), так и с помощью автоматизированного рабочего места (АРМа):

- время прохождения материала от первого бункера до нескольких контрольных точек, таких как весовая платформа, участки добавления к шихте различных материалов, начало и конец транспортеров;

С.Ф. ЖУКОВ, А.І. ВАЖИНСЬКИЙ
Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»

S. ZHUKOV, A. VAZHINSKY
State Institution of Higher Education
«Donetsk National Technical University»

Розробка алгоритму керування в системах з запізненням. Розглядається процес автоматизації підготовки шихтових матеріалів агломераційного процесу із заданою продуктивністю і якістю.

Ключові слова: вагове дозування, предиктор, система візуалізації, електротехнічний комплекс

Development of Control Algorithm for Systems with Delay. The process of automating the preparation of charge materials sintering process with the specified performance and quality are considered

Keywords: weighted metering, predictor, visual system, an electrical complex



Жуков Станіслав Фёдорович, 1942 г.р., Россия, закончил Уральский политехнический институт (г. Свердловск), д.т.н., профессор, профессор кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок ДонНТУ. Основное направление научной деятельности – исследование проблем обеспечения надёжности функционирования электрических систем методами технической диагностики, разработки систем управления в электроэнергетике, металлургии.



Важинский Антон Иванович, 1978 г.р., Украина, закончил Приазовский государственный технический университет, аспирант ДонНТУ, начальник участка управления автоматизации ПАО «МК Азовсталь». Основное научное направление – математическое моделирование технологических объектов в металлургии и разработка систем управления ими.