

УДК 669.536.22

А.Л. Рутковский, Д.Н. Дюнова, Г.В. Козачек

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ
МАТЕРИАЛА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТАХ,
ПРИБЛИЖАЮЩИХСЯ К АППАРАТАМ ИДЕАЛЬНОГО
ВЫТЕСНЕНИЯ**

Предложен метод определения времени нахождения материала во вращающейся печи и непрерывного контроля скорости движения материала, позволяющий определять текущие потери материала и оценивать его качество при различной загрузке печи.

Ключевые слова: время нахождения материала во вращающейся печи, непрерывный контроль скорости движения материала.

Одним из параметров, определяющих технико-экономические показатели большинства металлургических процессов, является время пребывания перерабатываемого сырья в реакционной зоне аппарата. В первом приближении к аппаратам идеального вытеснения могут быть отнесены вращающиеся печи, особенностью которых является специфический механизм движения материала.

Движение материала во вращающейся печи, представляющее по своей природе механический процесс, определяет условия взаимодействия перерабатываемого материала с поверхностью футеровки и потоками газа. Скорость движения полидисперсного материала является сложной функцией гранулометрического состава материала, коэффициентов внешнего и внутреннего трения материала, степени заполнения агрегата и его скорости вращения. Вместе с тем скорость движения материала, а следовательно, и время его пребывания в печи характеризуют качественные показатели процесса, удельный расход топлива и производительность

агрегата. В связи с этим, задача получения непрерывной оценки данного параметра является актуальной.

Исследование закономерностей движения материала во вращающихся печах представляет собой достаточно разработанное теоретическое направление. Ряд научных работ [1, 2] посвящен изучению разновидностей механизмов перемещения перерабатываемых веществ в пространстве аппаратов, получены зависимости для определения скорости движения перерабатываемого материала дискретным способом. Однако приведенные модели движения материала в печи не согласуются с количественными результатами экспериментов [3]. Практическое применение методов [4, 5] для непрерывного определения скорости движения и, соответственно, времени нахождения материала в определенной зоне печи, как правило, не дает положительных результатов. К тому же, периодический контроль скорости движения материала не позволяет оперативно влиять на ход процесса. Вместе с тем имеется возможность оценки времени пребы-

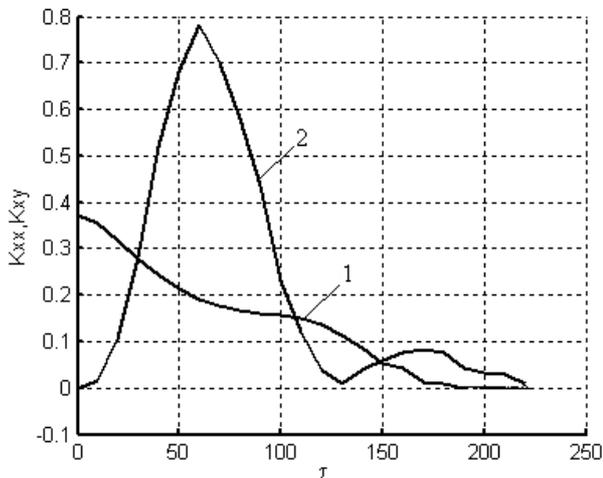


Рис. 1. Корреляционные функции по каналу «расход сырого кокса – расход прокаленного кокса»: 1 – автокорреляционная функция $K_{xx}(\tau)$, 2 – взаимно корреляционная функция $K_{xy}(\tau)$

процесса прокалки постоянны, можно считать, что математические ожидания и дисперсии входного и выходного параметров не зависят от времени, а исследуемый процесс является стационарным. На рис. 1. показаны графики автокорреляционной функции расхода сырого кокса и взаимно корреляционной функции расхода сырого и прокаленного кокса.

Согласно рис. 1, при постоянном режиме процесс прокалки можно считать эргодическим, так как автокорреляционная функция входного параметра и взаимно корреляционная функция входного и выходного параметра $K_{xx}(\tau) \rightarrow 0$ и $K_{xy}(\tau) \rightarrow 0$ при $\tau \rightarrow \infty$. Это позволяет для получения статистических характеристик процесса использовать одну реализацию достаточной длины [6].

Для определения времени нахождения материала во вращающейся печи необходимо контролировать расход загружаемого в печь материала и расход готового продукта. Источником информации об объекте являют-

ся регистрограммы технических средств контроля массы загружаемого в печь и выгружаемого из холодильника материала, автоматических весоизмерителей ВКТ-3. Вероятностную зависимость между этими параметрами характеризует взаимно корреляционная функция:

$$K_{xy}(\tau) = \frac{1}{T - \tau} \int_0^{T-\tau} \dot{y}_x(t) \dot{y}_y(t + \tau) dt - m_x m_y \quad (1)$$

где T - длина реализации процесса; m_x, m_y - оценки

математического ожидания значений контролируемых переменных, полученных по непрерывной реализации входного $x(t)$ и выходного

$y(t)$ случайных процессов объекта соответственно, τ - временной интервал между значениями случайного процесса.

Необходимая для контроля скорости движения материала величина запаздывания τ , при которой функция $K_{xy}(\tau)$ имеет максимальное значение, определяется следующим способом.

Для вычисления оценки взаимно корреляционной функции $K_{xy}(\tau)$ при переходе к конечным суммам формула (1) принимает вид:

$$K_{xy}(i\Delta\tau) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \dot{y}_x(n\Delta\tau) \dot{y}_y((n+i)\Delta\tau) - m_x m_y \quad (2)$$

где $i\Delta\tau$ - интервал сдвига, N - число измеряемых ординат корреляционной функции, определяющие ее точность оценивания.

В соответствии с записями реализаций входного и выходного случайных процессов формируются массивы значений расхода сырья $x(n\Delta\tau)$ и значений расхода готового продукта

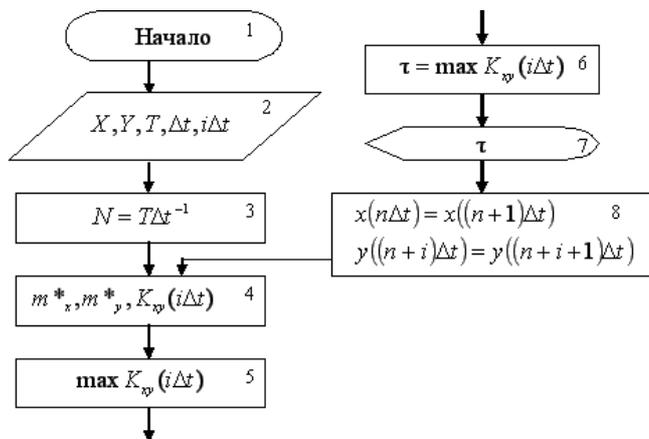


Рис. 2. Блок-схема определения времени пребывания материала в непрерывном режиме

$y((n+i)Dt)$. Число точек реализации определяется из априорно известных данных для конкретного агрегата. По массивам исходных данных рассчитывается оценка взаимно корреляционной функции и определяется значение τ , при котором функция $K_{xy}(\tau)$ имеет максимальное значение. Вычисленному значению τ соответствует время нахождения материала в системе «печь-холодильник». Так, при использовании данного алгоритма для вращающейся печи длиной 45 м, диаметром 2,4 м и холодильником длиной 10 м при средней производительности 200 кг/мин по прокаленному коксу полученное на отрезке с выборкой 220 точек с дискретностью 1 мин время пребывания материала в печи составляет 60 мин. При известном времени нахождения материала в системе «печь-холодильник» и общем расстоянии движения материала можно прогнозировать его значение скорости в печи.

Непрерывный контроль скорости движения материала в рассматриваемой технологической системе основан на рекуррентном вычислении значения τ для регулярно пополняющейся

информации о значениях входного и выходного параметров. На рис. 2. представлена блок-схема алгоритма решения данной задачи с помощью рассмотренного метода.

В блоке 2 осуществляется ввод исходных массивов значений расходов сырого и прокаленного кокса X , Y , длительности интервала наблюдений T , шага квантования по времени Dt и интервала сдвига iDt . В блоке 3 выполняется расчет числа измеряемых ординат N корреляционной функции, вычисление которой для центрированной выборки реализуется по формуле (2) в блоке 4. В блоке 5 определяется максимальное значение взаимно корреляционной функции $K_{xy}(iDt)$, соответствующее искомому времени пребывания материала τ (блок 6), которое выводится в блоке 7. В блоке 8 происходит обновление массивов измерительной информации: при поступлении новых значений $x((n+1)Dt)$ и $y((n+i+1)Dt)$ значения $x(1)$ и $y(1)$ удаляются. Алгоритм реализован в вычислительной среде MATLAB. На рис. 3 представлены результаты программной реализации алгоритма непрерывного определения времени пребывания материала в системе «печь-холодильник». На основе обновляемых с дискретностью 1 мин данных регистрограмм изменения расхода сырого кокса (график 2) и прокаленного кокса (график 3) при средней производительности 200 кг/мин по прокаленному коксу за 180 мин показано изменение максимума взаимно корреляционной функции по каналу «расход сырого кокса –

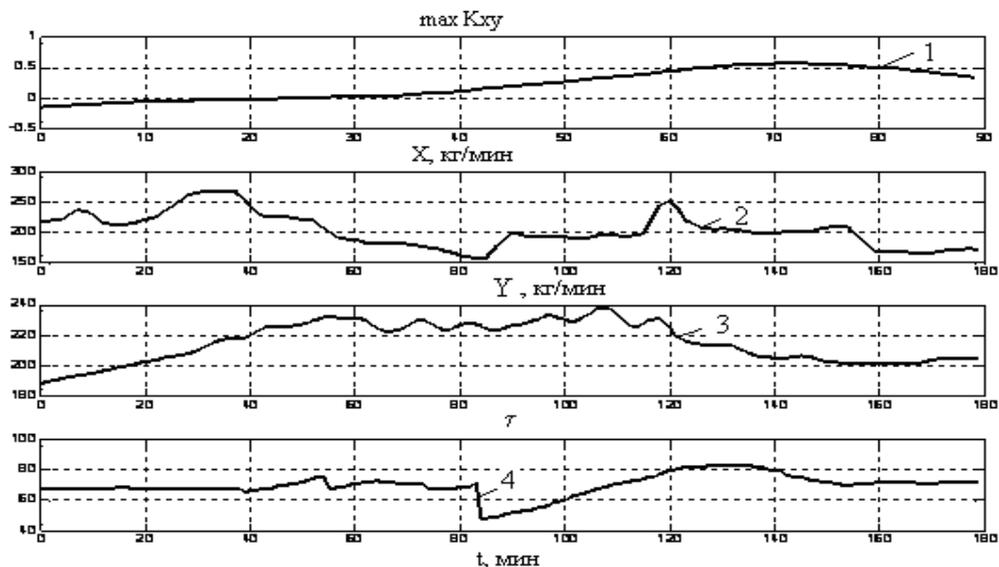


Рис. 3. Непрерывный расчет времени нахождения материала в системе «печь-холодильник»

расход прокаленного кокса» (график 1) и график изменения времени пребывания материала (график 4).

Представленный метод позволяет в промышленных условиях достаточно

точно прогнозировать скорость движения материала и может быть использован для определения его текущих потерь и оценивания качества при различной загрузке печи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ходоров Е.И. Закономерности движения материалов во вращающейся печи. – Цветные металлы. № 11, 1980, с. 51-54.
2. Детков С.П. Движение шихты во вращающейся печи. – Цветные металлы. № 11, 1980, с. 54-57.
3. Блиев Э.А. Исследование закономерностей движения антрацита во вращающейся печи с кольцевым порогом. Орджоникидзе. Сев. Осетинский МТЦ НТПиП, 1984.
4. Михлин Метод определения времени пребывания кокса в прокалочной печи. – Труды ВАМИ. № 64. 1971.
5. Ицкович Э.И. Контроль производства с помощью вычислительных машин. М. Энергия. 1964.
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М. Наука. 1964. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Дюнова Д.Н. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Теория и автоматизация металлургических процессов и печей», E-mail: Dunova_dn@mail.ru
Рутковский А.Л. – доктор технических наук, профессор кафедры теории и автоматизации металлургических процессов и печей, Rutkowski@mail.ru
Козачек Г.В. – старший преподаватель кафедры «Электропривод и автоматизация металлургических процессов», E-mail: kzachek@rambler.ru
 Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет).