

УДК 621.982: 669.295

**Разживин А. В., Белоиваненко Ю. С., Погребняк Е. Л.**

## **РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ УЧАСТКОМ СУХОГО ПОМОЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ**

В статье рассматриваются вопросы практического применения разработанной полиномиальной модели управления температурным режимом при работе участка сухого помола (УСП) сырья для приготовления сухой керамической массы.

В существующей системе управления (СУ) процесс управления осуществляется следующим образом. При достижении температуры на выходе ММ  $\approx 120^\circ\text{C}$  начинается подача сырья в технологическую линию УСП. При этом температура на входе ММ составляет  $\approx 600^\circ\text{C}$  (в теплый период года). Когда сырье поступает непосредственно в мельницу, температура на выходе ММ падает, и оператор увеличивает процент открытия заслонки на газовой горелке (ГТГС) для поддержания нужного температурного режима. Таким образом, в первые  $\approx 40$  минут работы участка наблюдаются значительные изменения температур (в приблизительном диапазоне  $\pm 35\%$  на входе и  $\pm 50\%$  на выходе), при дальнейшей работе – изменения меньше ( $\pm 5\%$  на входе и на выходе). Через час после начала подачи сырья берется проба сырья на влажность, что является основным качественным показателем готового продукта [1, 2]. При несоответствии готового продукта требуемой влажности, оператор корректирует температуру на входе ММ (реже скорость подачи сырья).

Следует отметить, что установившегося режима нет, поскольку пробы на влажность и последующая коррекция параметров процесса помола осуществляется один раз в час. Т. е. большой интервал дискретности процесса управления также является недостатком существующей СУ. Кроме того, значительным недостатком СУ является то, что она не регулирует температурный режим и открытие заслонки на ГТГС автоматически, т. е. человеческий фактор может привести к неоптимальному ходу процесса помола и качеству готового продукта [3].

Целью работы является разработка алгоритма на основе полиномиальной модели управления температурным режимом процесса сухого помола и анализ способов ее применения.

Разработанная модель процесса управления температурным режимом может использоваться двумя способами:

1. Оператор или лицо, принимающее решения (ЛПР) на основании показаний модели корректирует температуру на входе ММ посредством изменения процента открытия заслонки на газовой теплогенераторной системе (ГТГС).
2. Автоматизированное управление температурным режимом на основе модели посредством программируемого логического контроллера (ПЛК).

Недостаток первого способа заключается в сохранении человеческого фактора в алгоритме процесса управления. Однако при принятии решений опытность оператора также является важным фактором, поэтому на стадиях тестирования и внедрения модели такой способ использования результатов исследований является вполне приемлемым.

Чтобы исключить человеческий фактор из алгоритма управления температурным режимом необходимо использовать второй способ реализации модели. В таком случае оптимальное управление с помощью полиномиальной модели предполагается осуществлять по схеме, которая сочетает прямую и обратную связи (рис. 1). Полиномиальная модель позволяет определить оптимальную температуру в текущий момент процесса помола и спрогнозировать дальнейшее изменение температур на входе и выходе ММ. Модель оперативна, так как через определенные промежутки времени данные обновляются, и модель корректируется (обратная связь). Система программного управления процессом решает уравнение

оптимального управления и выдает эталонные значения переменных процесса для оптимизации целевой функции. Далее параметры корректируются посредством автоматических регуляторов (ПЛК). Такая схема реализации модели обеспечит приспособление к изменениям в характеристиках процесса.



Рис. 1. Структурная схема с сочетанием прямой и обратной связи

Полиномиальная модель реализовывается программным путем. Программа работает следующим образом. Модель начинает фиксировать значения параметров (температура на входе и на выходе ММ) через определенные промежутки времени с момента подачи сырья в технологическую линию УСП. Причем, интервалы между зафиксированными величинами параметров техпроцесса выбираются так, чтобы нахождение медианы среди значений аргумента (время коррекции техпроцесса) не вызывало затруднений и ее значение было целым числом. Сбор данных осуществляется до тех пор, пока не наберется десять зафиксированных значений параметров техпроцесса. Затем, согласно заранее выбранному алгоритму полученные данные обрабатываются [3, 4]. Результатом обработки данных являются полиномиальные модели. На основе выбранных критериев оптимальности происходит выбор наилучшей модели из всех моделей – кандидатов.

В процессе построения модели получена функция, которая описывает тренд динамического изменения температуры и имеет минимальные отклонения от действительных значений показателя. Далее на основе полученной аналитической зависимости осуществляется прогноз дальнейшего изменения температуры на определенный период упреждения (рис. 2) [5]. В соответствии с этим прогнозом изменяется процент открытия заслонки на ГТГС. При поступлении новых данных, первые ячейки данных выбрасываются, другие сдвигаются на их место, последние заполняются новыми фиксированными значениями параметров (рис. 3). Алгоритм обработки повторяется. Таким образом, модель позволяет улучшить систему управления процессом помола и, соответственно, улучшить качество готовой продукции.

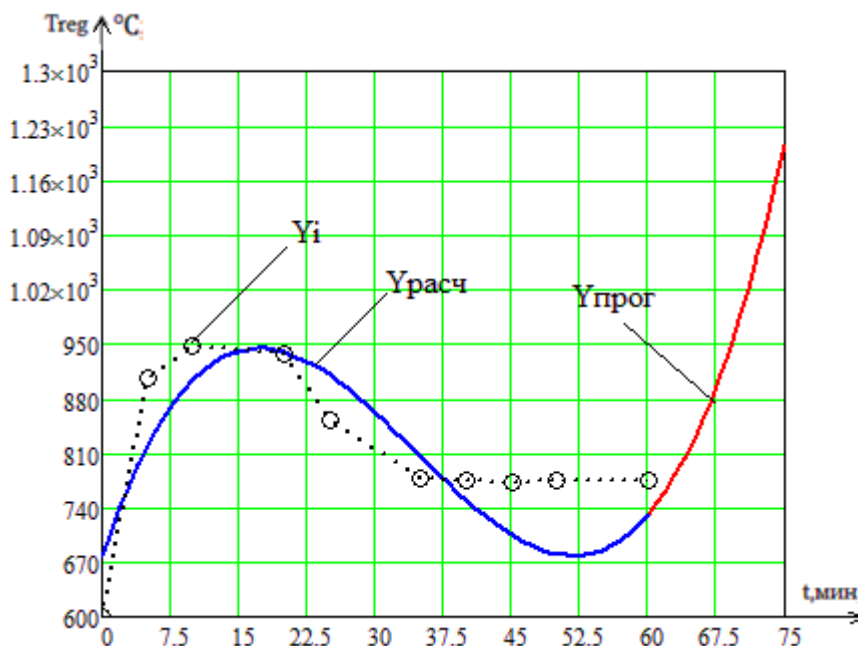


Рис. 2. Прогноз изменения температуры на входе ММ на 15 минут

Из рисунка видно, что без коррекции техпроцесса (со стороны ЛПР или автоматического регулятора) температура на входе ММ достигнет  $T_{reg} = 1200^{\circ}\text{C}$  с вероятностью  $p = 0,9$ , доверительный интервал при этом составляет  $\pm 287^{\circ}\text{C}$  [3].

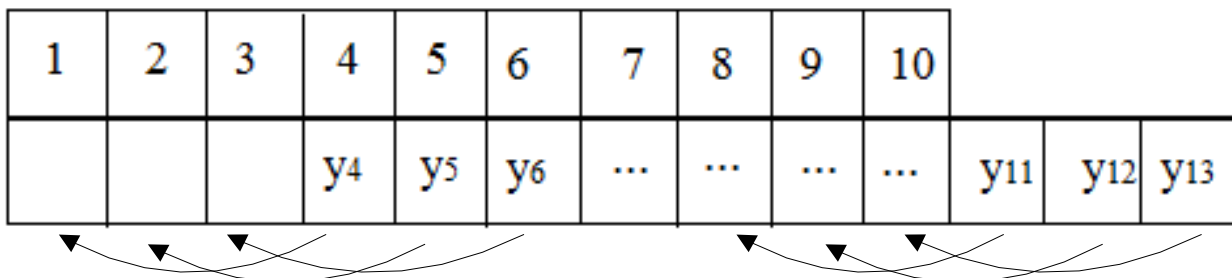


Рис. 3. Обновление данных в полиномиальной модели

Таким образом, на основе разработанной полиномиальной модели построен перспективный алгоритм управления процессом сухого помола.

Процесс управления автоматикой оборудования УСП представляет собой три параллельных процесса. Поскольку алгоритмическое описание параллельных процессов блок-схемами алгоритмов и графами автоматов не позволяет представлять разделение и объединение параллельных процедур, был использован способ графического представления алгоритма параллельных процессов в виде сети Петри. В каждом процессе производится анализ условий, формирование управляющих сигналов и реализация событий.

Блок – схемы алгоритма управления УСП представлены на рис. 4.

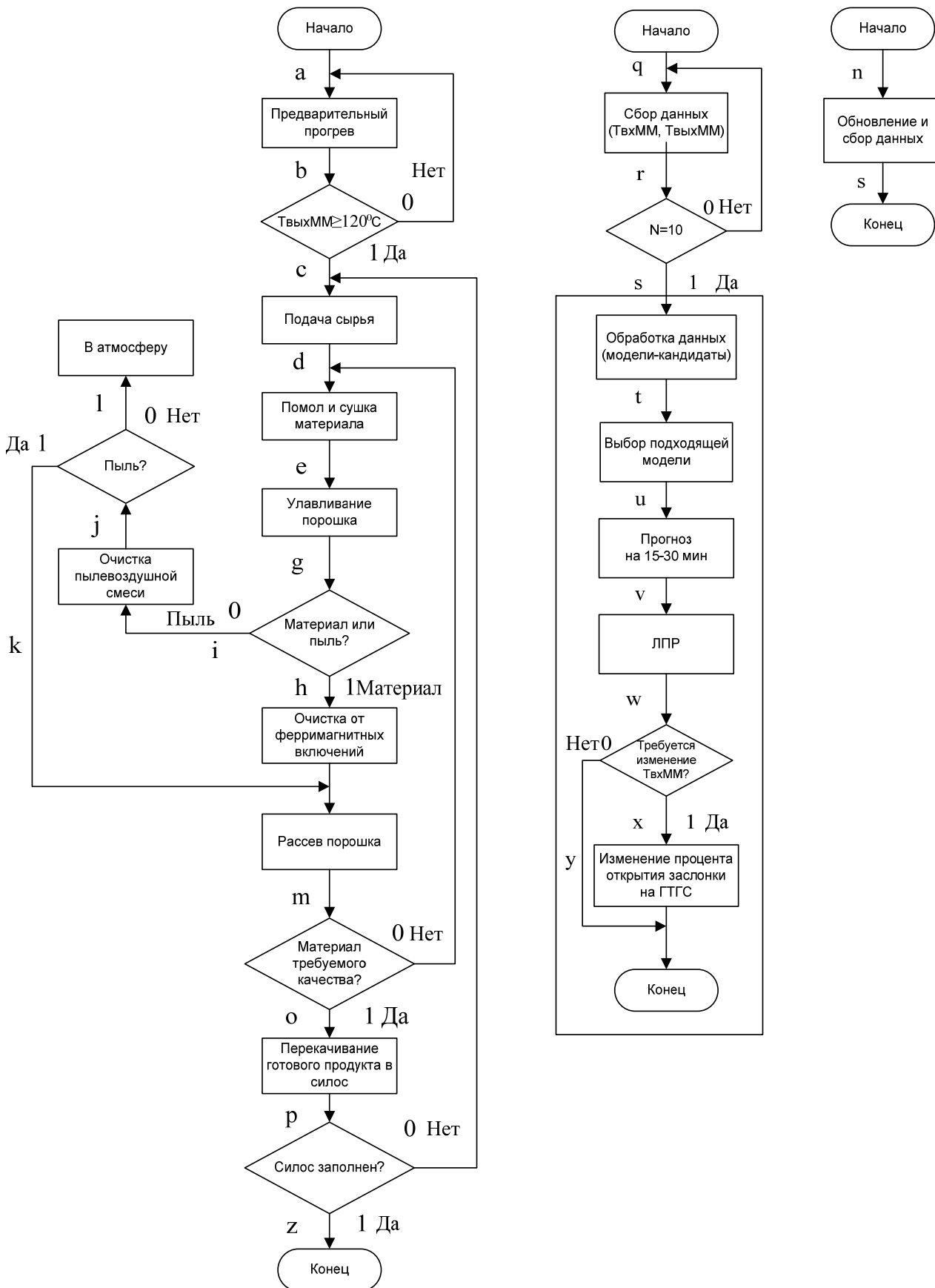


Рис. 4. Блок – схемы алгоритма управления УСП

Алгоритм управления УСП в виде сети Петри представлен на рис. 5.

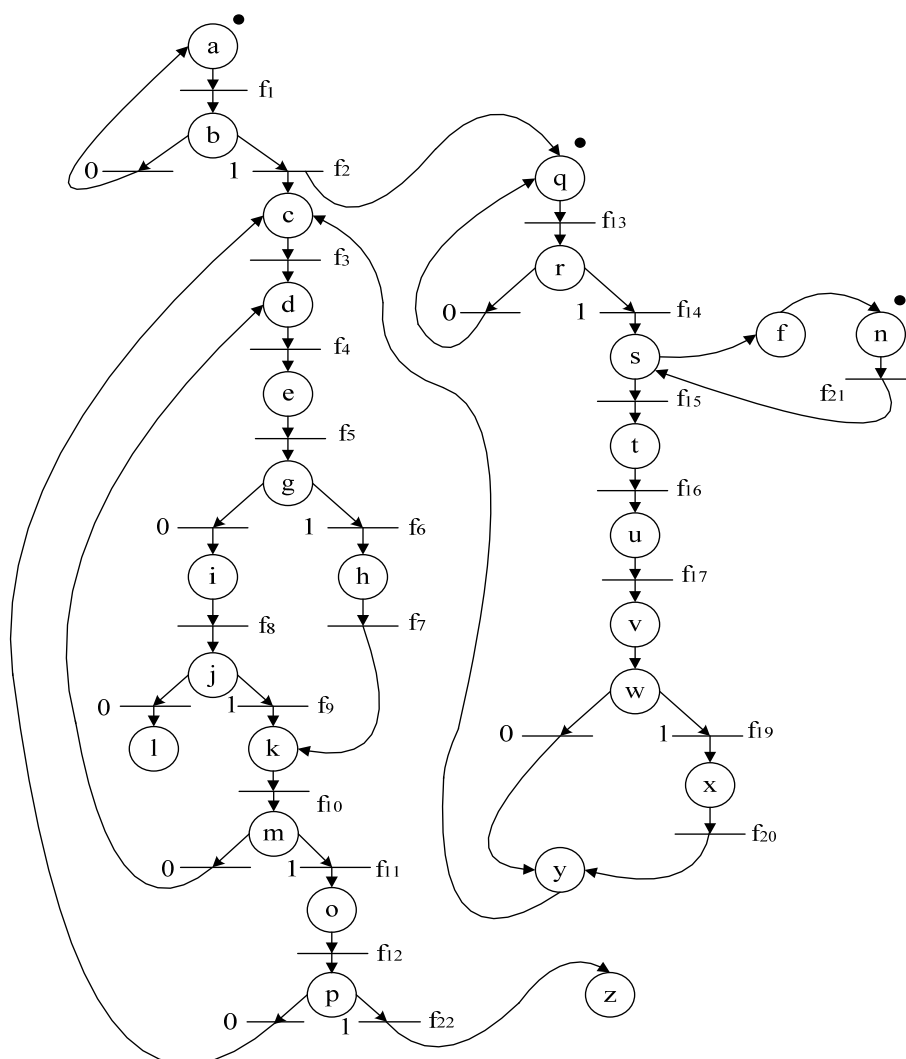


Рис. 5. Алгоритм управления УСП в виде сети Петри

### ВЫВОДЫ

Рассмотрены способы реализации полиномиальной модели управления температурным режимом процесса сухого помола, представлен перспективный алгоритм управления. Показано, что процесс управления автоматикой оборудования УСП представляет собой три параллельных процесса. Поскольку алгоритмическое описание параллельных процессов блок-схемами алгоритмов и графами автоматов не позволяет представлять разделение и объединение параллельных процедур, был использован способ графического представления алгоритма параллельных процессов в виде сети Петри.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Книга 1 // под ред. В. А. Оськин, В. В. Евсиков – М. : КолосС, 2008. – 448 с.*
2. *Турчак Л. И. Основы численных методов : Учебное пособие / Л. И. Турчак, П. В. Плотников. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 304 с.*
3. *Грановский В. А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях / В. А. Грановский – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 298 с.*
4. *Бендат Дж. Прикладной анализ статистических данных / Дж. Бендат, А. Пирсол; пер. с англ. – М. : Мир, 2001. – 541 с.*
5. *Четыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования. – 2-е изд. / Е. М. Четыркин; перераб. и доп. М. : «Статистика», 1977. – 200 с.*