

ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.54+661.832.321

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ОБРАБОТКИ КАЛИЙНОЙ РУДЫ**

В.Л. БУСЬКО, Л.Ю. ШИЛИН, А.М. ЗАБОЛОТНИКОВ, И.М. КАЛАЧИК, Д.Л. ШИЛИН

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 20 декабря 2007*

Разработан алгоритм, позволяющий автоматизировать заполнение бункеров рудой на калийном комбинате. Модель полученной системы испытана для различных изменений скорости подачи руды, получены графики соответствующего изменения уровня руды в бункерах. Установлено время, за которое объем руды в бункере достигает установившегося значения. Выполнен анализ аварийных значений скорости подачи руды, получены сроки для устранения причин аварии.

Ключевые слова: обработка калийной руды, бункер, автоматизированное заполнение, скорость подачи руды.

Введение

Целью данного исследования является автоматизация процесса обработки руды на калийном комбинате. Технологию получения калийных удобрений можно условно разделить на несколько этапов: добыча калийной руды, доставка ее к месту обработки и непосредственно обработка. Последний этап представляет наибольший интерес в рамках данной статьи, поскольку он содержит последовательность действий с рудой, подлежащих автоматизации.

На Солигорском комбинате используется флотационный метод получения хлористого калия. То есть, калийная руда, прошедшая стадии добычи и доставки, подвергается флотации — совокупности операций по разделению компонентов измельченной руды. Метод основан на различной способности компонентов удерживаться на границе раздела фаз в жидкой среде. Флотационные реагенты позволяют изменить смачиваемость минеральных поверхностей, которые увлекаются пузырьками воздуха к поверхности воды и образуют там минерализованную пену. Высокая производительность комбината обеспечивается благодаря наличию девяти флотационных машин. Иначе говоря, доставленная руда разделяется на несколько потоков, которые параллельно обрабатываются флотационными машинами. Для организации равномерной засыпки каждая машина снабжается двумя бункерами, которые, в свою очередь, заполняются рудой с помощью конвейера и подвижного устройства подачи. Установка последнего над определенным бункером осуществляет его заполнение.

В процессе работы комбината требуется бесперебойная работа каждой флотационной машины. Иными словами, следует организовать засыпку всех бункеров таким образом, чтобы руда из каждой пары непрерывно поступала в соответствующую машину. На данный момент засыпка бункеров осуществляется оператором. Таким образом, результаты данного исследования должны стать решением задачи автоматизации засыпки бункеров.

Теоретический анализ

В поставленной задаче значения некоторых технических величин определяются технологией обработки руды и характеристиками установленного на комбинате оборудования. Следовательно, исходные данные будут формироваться на основании этих значений.

Конвейер организует подачу руды со средней скоростью 600 т/ч. В процессе работы возможно колебание скорости подачи от 200 т/ч до 1000 т/ч. Емкость каждого бункера — 250 т. Технологический процесс на комбинате осуществляется непрерывно, поэтому в качестве начальных условий принимаем заполнение каждого бункера на половину от его емкости. То есть, в каждом бункере находится 125 т руды. В процессе исследования было установлено, что возможен иной уровень заполнения бункеров. Модель работает нормально, если каждый бункер содержит не менее семнадцати тонн руды. Система бункеров схематически изображена на рис. 1.

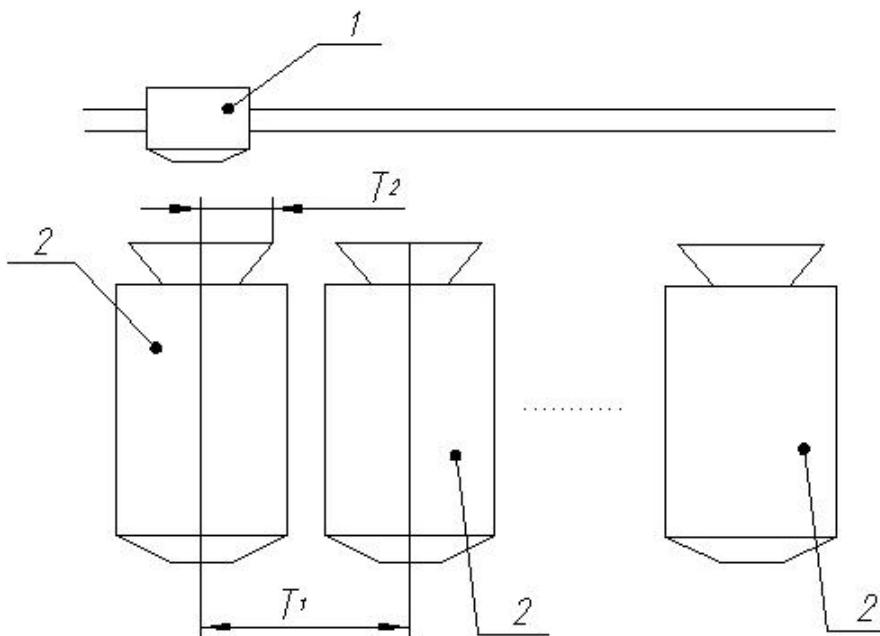


Рис. 1. Схема системы: 1 — устройство подачи руды, 2 — бункеры.

Требуется создать алгоритм заполнения цепочки бункеров, который будет обеспечивать непрерывную работу флотационных машин, поддерживать постоянство колебаний уровня руды при постоянном входном потоке руды и не допускать опустошения бункеров при изменении потока в заданных пределах. Для решения поставленной задачи требуется ввести ряд констант и переменных: n — общее количество бункеров, которое на данный момент равняется восемнадцати, однако может изменяться в связи с увеличением количества оборудования комбината или временной остановкой некоторых флотационных машин; τ_1 — время движения устройства подачи между центрами воронок двух соседних бункеров; τ_2 — время движения устройства подачи от центра воронки бункера до ее края; V_{\max} — предварительно установленная максимальная величина объема, засыпаемого в бункер; v_f — скорость засыпки руды в бункер (поток руды из устройства подачи); v_d — скорость высыпки руды из бункера; i — номер текущего бункера.

Переменные могут принимать значения в достаточно широком диапазоне, однако скорость их изменения относительно невелика ввиду инерционности большинства процессов в системе. Для получения максимально простого алгоритма заполнения было принято решение организовать анализ параметров системы по двум характеристикам: T_i и t_i . T_i соответствует времени движения устройства подачи от i -го до n -го бункера и обратно, с учетом времени рассыпки руды по всем бункерам, находящимся в данном интервале; t_i — время, которое отводится на засыпку i -го бункера. Данные характеристики вычисляются для мгновенных значений переменных, следовательно, их значения будут соответствовать действительности лишь на опреде-

ленном отрезке времени. Иными словами, частота вычисления характеристик и использования их для управления технологическим процессом определяется экспериментально исходя из предъявляемых к системе требований.

В результате применения описанной выше методики определение характеристик сводится к алгебраическим операциям:

$$T_i = n(n-i) V_{\max} / ((n-1)(v_f - v_d) + 2(n-i)(\tau_1 + 2\tau_2)) \quad (1)$$

$$t_i = (n-i)_{\max} / ((n-1)(v_f - v_d)) \quad (2)$$

Выражение (1) состоит из двух составляющих: первая учитывает время заполнения бункеров, вторая учитывает задержки, связанные с перемещением устройства подачи. Данное выражение позволяет оценить объем руды, который высыплется из i -го бункера на момент возвращения к нему устройства подачи:

$$V_i = T_i v_d \quad (3)$$

Выражение (2) используется непосредственно при определении времени, которое следует отвести на засыпку i -го бункера.

Методика

На комбинате используется оборудование Siemens, которое управляется с помощью пакета прикладных программ WinCC. Последний является комплексом программных средств, включающим программы для создания человеко-машинного интерфейса, визуализации технологических процессов, симуляции изменения определенных параметров системы, отладки программ микроконтроллеров семейства SIMATIC, создания отчетов по работе системы, обработки аварийных ситуаций, а также инструменты по управлению созданным проектом. Программная реализация решения поставленной задачи, симуляция изменений физических величин в системе и анализ ее реакции на эти изменения осуществлялись в WinCC, чтобы упростить применение полученного алгоритма на практике.

В связи с отсутствием реального оборудования была задействована возможность создания в WinCC программ, выполненных на языке программирования ANSI-C. Последние, наряду с симулятором, позволяют изменять значения любых переменных, которые задействованы в проекте. В случае подключения к персональному компьютеру микроконтроллера возникает возможность применить разработанный алгоритм для реальных значений переменных, полученных с датчиков.

Результаты и обсуждение

Работоспособность созданного алгоритма исследовалась с помощью симулятора из пакета прикладных программ WinCC. В качестве входных воздействий системы были выбраны скорость подачи руды и концентрация в ней хлорида калия. Реакция системы на изменения входных воздействий получена в виде графиков, созданных благодаря возможности архивирования последовательностей значений переменных в WinCC. В качестве выходной величины был выбран объем руды, содержащийся в восемнадцатом бункере, поскольку при циклическом движении устройства подачи по цепочке бункеров наиболее сильные колебания уровня руды наблюдаются в крайних бункерах. Данная особенность наблюдается из-за того, что при циклическом движении устройство подачи подходит к крайним бункерам через максимальный интервал времени. В качестве компенсации пониженной частоты появления устройства подачи используется повышение времени засыпки крайних бункеров. Таким образом, указанные выше особенности обуславливают максимальные колебания уровня руды в первом и восемнадцатом бункерах. Последний бункер в цепочке был выбран исходя из того, что в начале работы системы устройство подачи располагается над первым бункером.

Для анализа работы системы в зависимости от скорости подачи руды были выбраны три математические функции, по которым изменяется это входное воздействие: постоянная величина ($v_f = \text{const}$), псевдослучайная величина, а также синусоида ($v_f = \sin(\omega t + \varphi)$).

При постоянной величине скорости подачи на выходе системы наблюдается изменение уровня руды, которое характеризуется совокупностью линейного нарастания уровня в моменты засыпки и последующим линейным убыванием уровня до очередного появления устройства подачи. Зависимость выходной величины от времени в минутах при указанном входном воздействии изображена на рис. 2. Очевидно, что данная функция достаточно близка к линейной зависимости.

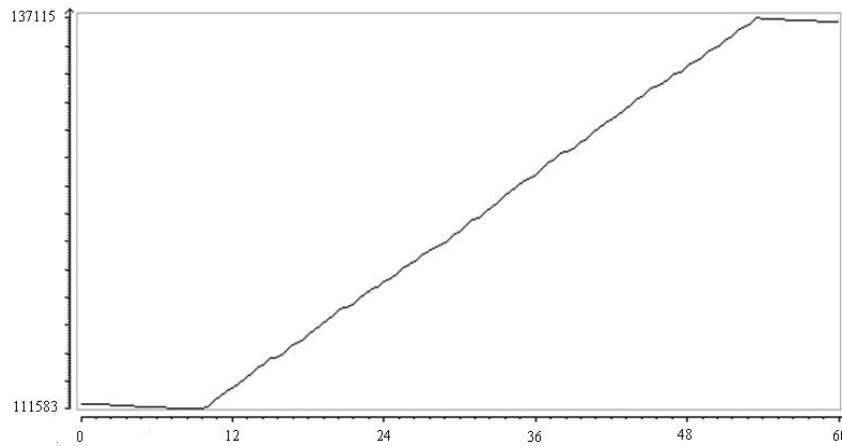


Рис. 2. Зависимость выходной величины от времени при постоянной входной величине

На рис. 3 изображена зависимость входной величины от времени в минутах для случая псевдослучайной последовательности чисел. Последняя была получена в результате применения встроенной в симулятор функции "Random".

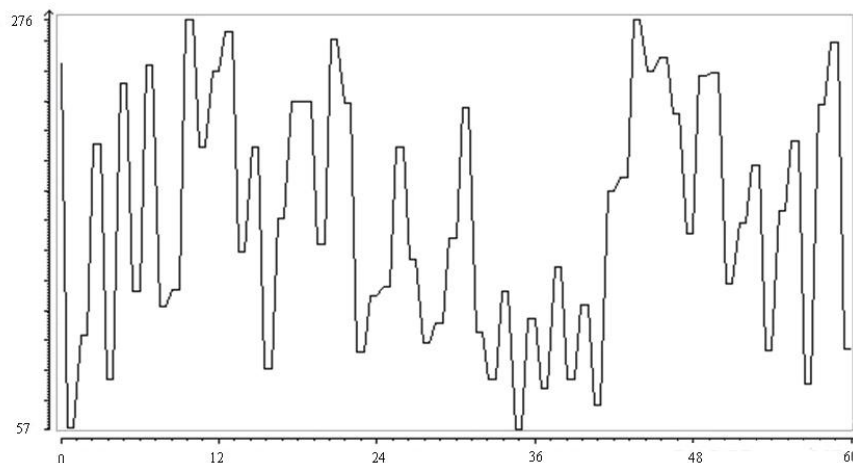


Рис. 3. Случайно изменяющаяся входная величина

В случае подачи на вход системы величины, изменяющейся по псевдослучайному закону, график изменения уровня заполнения последнего бункера приобретает более сложную форму, изображенную на рис. 4. Наибольшие искажения наблюдаются в те моменты времени, когда происходит максимальное изменение входной величины.

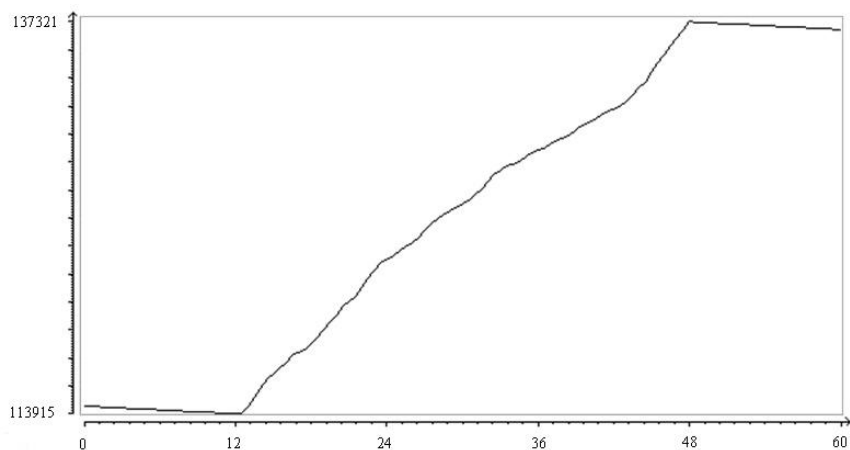


Рис. 4. Зависимость выходной величины от времени при случайно изменяющейся входной величине

На рис. 5 изображена зависимость входной величины от времени для случая синусоидального входного воздействия. Последнее было получено с помощью функции "Sin" в симуляторе. Значение периода синусоиды равняется 80 с.

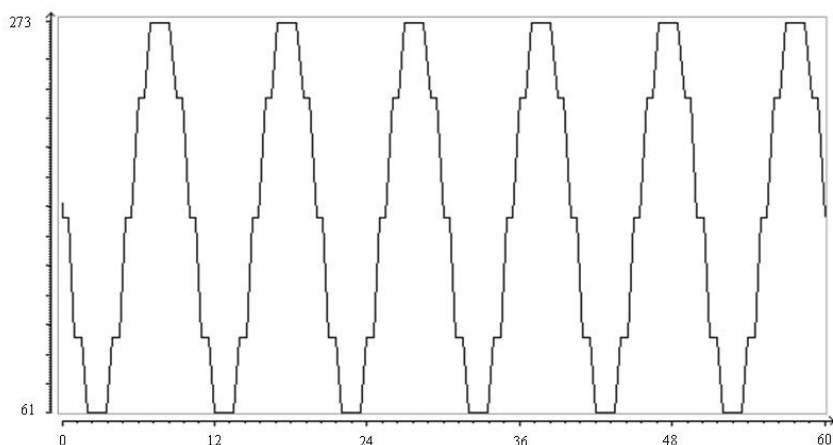


Рис. 5. Синусоидальное входное воздействие

Синусоидальное изменение входной величины приводит к появлению на выходе периодической функциональной зависимости, которая изображена на рис. 6. Отклонение последней от линейной зависимости является менее значительным в сравнении с реакцией системы на псевдослучайное изменение входной величины.

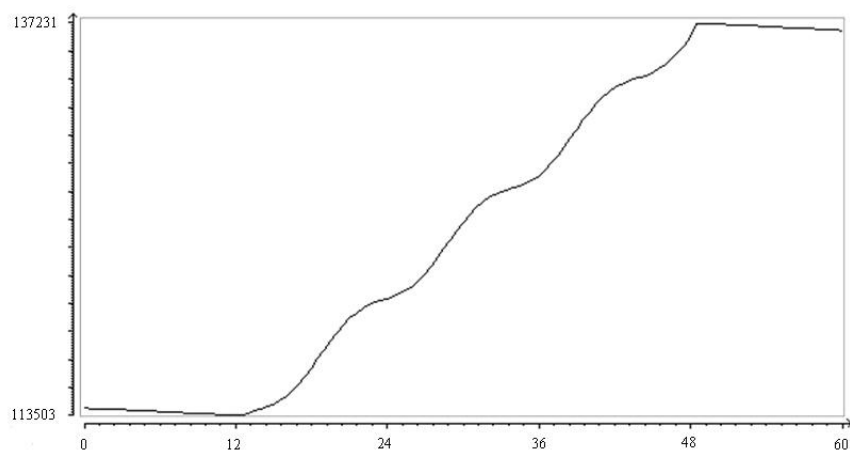


Рис. 6. Зависимость выходной величины от времени при синусоидальном входном воздействии

На рис. 7 изображена зависимость заполнения произвольного бункера от времени. Первоначально уровень заполнения начинает снижаться до тех пор, пока устройство подачи не дойдет до указанного бункера. Затем уровень заполнения бункера начинает колебаться, приближаясь с каждым колебанием к области установившихся значений. При исследовании данного бункера было установлено, что в течение трех часов уровень его заполнения стабилизируется и начинает равномерно колебаться в диапазоне 130–140 т.

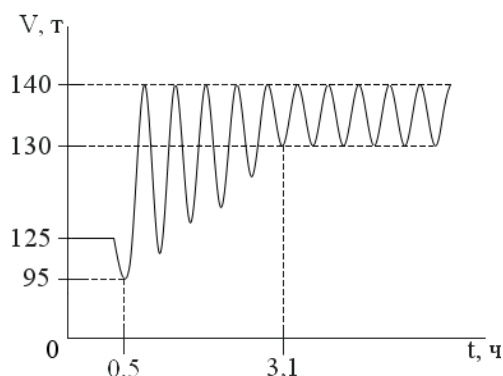


Рис. 7. Зависимость заполнения произвольного бункера от времени

Заключение

В результате исследования работы системы в различных условиях разработан алгоритм, который позволяет автоматизировать процесс равномерной загрузки бункеров.

При использовании предложенного алгоритма следует стремиться приблизить скорость подачи руды к постоянной величине, чтобы получить на выходе системы линейную зависимость заполнения от времени.

При максимальном значении скорости подачи руды (1000 т/ч) переполнение бункера, приводящее к потере работоспособности, наступит через 103,8 мин, переполнение всех остальных бункеров произойдет через 141 мин.

При минимальном значении скорости подачи руды (200 т/ч) опустошение бункера, приводящее к потере работоспособности, наступит через 180 мин.

Следовательно, для предотвращения перебоев в работе необходимо провести необходимые мероприятия за указанные интервалы времени.

THE AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESS FOR POTASSIC ORE'S TREATMENT

V.L. BUSKO, L.Y. SHILIN, A.M. ZABOLOTNIKOV, I.M. KALACHIK, D.L. SHILIN

Abstract

The algorithm for automated filling bunkers with the potassic ore is obtained. The response of derived model to several variant input actions is received. The term of obtaining the stationary value of filling level was gained. The review of alarm conditions is made and the terms of clearing this problems is specified.