Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им.Г.В.Плеханова, т./ХУШ. вып. 1, 1975 г.

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ КОНЦЕНТРАТА НА ИХ ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

В.В.Стальский, С.В.Стороженко

Широко распространенный на обогатительных фабриках процесс сушки концентрата во вращающихся сушильных барабанах – очень сложный объект автоматического управления [3]. Поэтому сложными многоконтурными и многосвязными являются и стабилизирующие автоматические системы управления (САСУ) этими процессами [2,4]. В статье делается попытка определить влияние различных факторов на необходимую точность создаваемых САСУ сушки с точки зрения ожидаемой экономической эффективности этих систем.

Расчет экономического эффекта для локальной САСУ процессом сушки будем проводить как для элемента автоматизированной системы управления предприятием (АСУП), используя соответствующую методику [1]. Такое решение допустимо, так как широкое внедрение АСУП, в том числе и в горной промышленности, предопределяет в будущем включение в АСУП локальных автоматических систем, которые по крайней мере будут выполнять функции автоматической стабилизации.

Годовой экономический эффект, в соответствии с Временной методикой [1], рассчитывается по формуле

$$Э = \left[\left(\frac{A_2 - A_1}{A_1}\right) П_1 + \left(\frac{C_1 - C_2}{100} \cdot A_2\right)\right] - E_н K_{а.д}, \qquad (1)$$

где A_1 и A_2 – годовой объем реализуемой продукции до и после внедрения системы, тыс.руб.; C_1 и C_2 – затраты на 1 руб. реализуемой продукции до и после внедрения системы, коп.; $П_1$ – прибыль от реализации продукции до внедрения системы, тыс.руб.; $E_н$ – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

$A_{a\,д}$ – дополнительные капитальные затраты, связанные с созданием и внедрением автоматической системы, тыс.руб.

Годовой объем реализуемой продукции после внедрения системы

$$A_2 = A_1\gamma\,, \qquad (2)$$

где γ – коэффициент роста реализуемой продукции.

Поскольку стабилизация влажности материала на выходе сушилок обеспечивает снижение потерь за счет уменьшения уноса концентрата с дымовыми газами и при погрузке, то соответственно увеличивается количество реализуемой продукции. Этот коэффициент для каждого конкретного производства должен определяться опытным путем с учетом пересчета так называемой "натуральной" тонны на тонну концентрата с нормированным значением полезного компонента. Например, для фосфоритового концентрата из экспериментальных данных определен $\gamma \geqslant 1{,}007$, т.е. рост объема реализации продукции (в руб/руб или %/%) увеличивается на 0,007.

Принимаем, что себестоимость C участка сушки известна, определим общую себестоимость после внедрения системы C_a.

Если считать, что зарплата, непроизводительные расходы, расходы на подготовку производства, затраты на материалы и сырье, условно постоянная часть расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые и общезаводские расходы, а также внепроизводственные расходы в течение года не изменились, то

$$C_a = C - C_т\beta + C_{об}(\gamma-1)\alpha\,, \qquad (3)$$

где C и C_a – себестоимость годового выпуска реализуемой продукции до и после внедрения системы, тыс.руб.; $C_т$ – затраты на топливо и энергию на технологические цели до внедрения системы, тыс.руб.;

$C_{об}$ – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования до внедрения системы, вычисленные в соответствии с Временной методикой [1], тыс.руб.; α – коэффициент, учитывающий долю увеличения затрат на оборудование за счет автоматизации; β – коэффициент, характеризующий сокращение расхода топлива после внедрения системы.

Формула (3) не учитывает некоторые затраты, например, повышение основной и дополнительной зарплаты производственных рабочих за счет увеличения концентрата при погрузке, однако эти неточности (увеличивающие ожидаемую экономию) перекрываются другими статьями. Так, например, вычитая в формуле (3) снижение затрат на топливо $C_т\beta$, можно было бы учесть также коэффициент роста реализуемой продукции, т.е. вычитать $C_т\beta\gamma$; но чтобы "компенсировать" указанные и другие неучтенные затраты принимается условно $\gamma = 1$.

Поскольку речь идет об оценке ожидаемой экономической эффективности с целью выбора рациональной точности САСУ, такое упрощение методики можно считать допустимым.

Капитальные затраты на внедрение системы

$$K_{a\,д} = K_{a\,п} + K_{a\,о}\,, \qquad (4)$$

где $K_{a\,п}$ – предпроизводственные затраты, тыс.руб.; $K_{a\,о}$ – затраты на оборудование и монтажные работы по системе, тыс.руб.

Изменение величины оборотных средств и остаточные стоимости ликвидируемых и высвобождаемых устройств, оборудования и сооружений учитывать не будем.

Решая совместно формулы (1)–(4) с учетом того, что [1]

$$C_1 = \frac{C}{A_1} \quad \text{и} \quad C_2 = \frac{C_a}{A_2},$$

получим

$$\Theta = (\gamma - 1)\left[\Pi_p - 0{,}01(C - C_{об}\alpha) - \frac{C_в}{\gamma - 1}\beta\right] - E_н(K_{а\,п} + K_{а\,о}). \qquad (5)$$

Коэффициент β может быть выражен через значения относительной влажности концентрата (в процентах) до сушки $\varphi_к$ и после сушки. При этом стабилизированное в результате автоматизации сушилок значение влажности $\varphi_а$ выше, чем среднее значение до автоматизации $\varphi_б$. Значение $\varphi_а$ задается установкой регулятора САСУ и выбирается максимально близким к верхнему предельному значению, определяемому технологическим регламентом. Таким образом,

$$\beta = \frac{C_в(\varphi_к - \varphi_б) - C_в(\varphi_к - \varphi_а)}{C_в(\varphi_к - \varphi_б)} = \frac{\varphi_а - \varphi_б}{\varphi_к - \varphi_б}, \qquad (6)$$

где $C_в$ – себестоимость выпаривания одной тонны влаги из сырого концентрата, руб/т.

По выражениям (5) и (6) можно вычислять ожидаемую экономическую эффективность САСУ сушки.

Отметим сразу, что повышение точности, т.е. снижение среднего значения погрешности системы (с учетом статической и динамической составляющих погрешности) позволяет повысить значение β – тем больше, чем меньше $\Delta\varphi$, где $\pm\Delta\varphi$ – абсолютная средняя погрешность системы. С учетом формулы (6) и последнего замечания выражение (5) будет иметь вид

$$\Theta = (\gamma - 1)\left[\Pi_p - 0{,}01(C - C_{об}\alpha) + \frac{C_в}{\gamma - 1}\left(\frac{\varphi_а - \Delta\varphi - \varphi_б}{\varphi_к - \varphi_б}\right)\right] - E_н(K_{а\,п} + K_{а\,о}). \qquad (7)$$

Эта формула позволяет оценить максимально приемлемые затраты по повышению точности или сравнить между собой различные варианты САСУ сушки.

Стремление снизить погрешность САСУ и повысить качество регулирования заставляет усложнять систему автоматическим контролем ряда косвенных параметров, дорогостоящими нестандартными датчиками, например, влагомерами сыпучих материалов, а для улучшения качества регулирования использовать многосвязные, комбинированные, каскадные и другие схемы системы. В значительной мере растет и стоимость разработки САСУ.

Оценивая затраты на создание и внедрение различных предложенных САСУ сушки (в диапазоне от 0,05 до 0,3 процента относительной влажности и соответственно от 400 до 30 тыс.руб), можно получить несколько

точек ориентировочной кривой $K_{а.д} = f(\Delta\varphi)$. Эта зависимость имеет вид равнобочной гиперболы, сдвинутой относительно оси ординат:

$$K_{а.д} = K_{п.с} + \frac{K}{\Delta\varphi}, \qquad (8)$$

где $K_{п.с}$ – постоянная составляющая капитальных затрат, содержащая затраты на исследование сушки как объекта управления и ту часть научно-исследовательских, проектных и монтажно-наладочных работ, которая не зависит от точности системы; K – составляющая затрат с теми же компонентами, обусловливающая рост затрат при снижении погрешности системы,

$$K = K_1 + K_2 + K_3;$$

K_1 – затраты на научную разработку системы и нестандартных элементов;

K_2 – затраты на математическое и электронное моделирование сложной системы; K_3 – затраты на монтаж и настройку той части системы, которая "добавляется" при ее усложнении.

Подставив выражение (8) в формулу (7), найдем максимум экономического эффекта, рассматривая его как функцию $\Delta\varphi$. Максимальный экономический эффект достигается при

$$\Delta\varphi^* = \sqrt{\frac{E_н K (\varphi_к - \varphi_б)}{C_т}}. \qquad (9)$$

Как видно из формулы (9), величина абсолютной погрешности, при которой достигается максимум экономической эффективности $\Delta\varphi^*$, зависит от величины $\varphi_к - \varphi_б$. Поэтому при высоких влажностях кека и необходимости сушки до величины, близкой к равновесной влажности концентрата, погрешность $\Delta\varphi$ может быть большей по абсолютной величине, чем при автоматизации сушки кеков с низкой влажностью и сушке до влажностей, близких к критическим.

Очевидно также, что увеличение K за счет K_1 и K_2 имеет предел при расширении количества объектов автоматизации и только K_3 растет пропорционально количеству внедряемых САСУ сушкой. Поэтому чем большие масштабы примет автоматизация этого процесса, тем большую точность рационально требовать от САСУ.

Следовательно, необходимо максимально расширять объемы автоматизации и при этом увеличивать точность систем, имея, однако, в виду сроки внедрения последних [5].

Литература

1. ГНТК СМ СССР, Госплан СССР, АН СССР. Временная методика определения экономической эффективности АСУП. М., 1972.

2. Способ сушки фосфоритового концентрата во вращающемся сушильном барабане. Авт.: Н.С.Сабадаш, В.В.Стальский, С.В.Стороженко, А.В.Стороженко, Е.С.Кричевский.

3. Стальский В.В. Экспериментальные динамические характеристики процесса сушки

фосфоритового концентрата. – "Зап.ЛГИ", т.6, вып.1, Л., 1968.

4. Сторожекко С.В. Выбор структуры системы автоматического управления процессом сушки фосфоритового концентрата. – "Зап. ЛГИ", т.6, вып.1, Л., 1968.

5. Трапезников В.А. Автоматическое управление и экономика. – "Автоматика и телемеханика", 1966, № 1.