

НИЗКОУРОВНЕВЫЕ КАНАЛЫ УПРАВЛЕНИЯ СУШИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

К настоящему времени известны результаты исследований, направленные на создание систем для автоматической стабилизации режимов работы агрегатов для сушки угольного концентрата на обогатительных фабриках [1]. Разработана также концепция управления этими агрегатами по комплексным критериям с учетом экономических и экологических факторов [2]. Системы, построенные в соответствии с данной парадигмой, являются эргатическими системами, которые могут учитывать баланс технических, экономических и экологических факторов (рис. 1).

Эта концепция требует повышенной точности и стабильности работы технических устройств, осуществляющих низкоуровневое управление составляющими процесса сушки, так как погрешности повышают информационную нагрузку на человека-оператора, и таким образом снижают качество управления процессом в целом.

Для решения этой задачи была разработана математическая модель процесса сушки [3]. В ней можно выделить следующие основные каналы управления процессом: нагрузка по исходному продукту — влажность конечного продукта, расход топлива — температура в топке, степень открытия направляющего аппарата дымососа — скорость воздуха в сушильном тракте, скорость воздуха — температура в топке. Два первых канала обладают наибольшей чувствительностью к управляющим воздействиям, поэтому их приходится всегда использовать для управления процессом в целом.

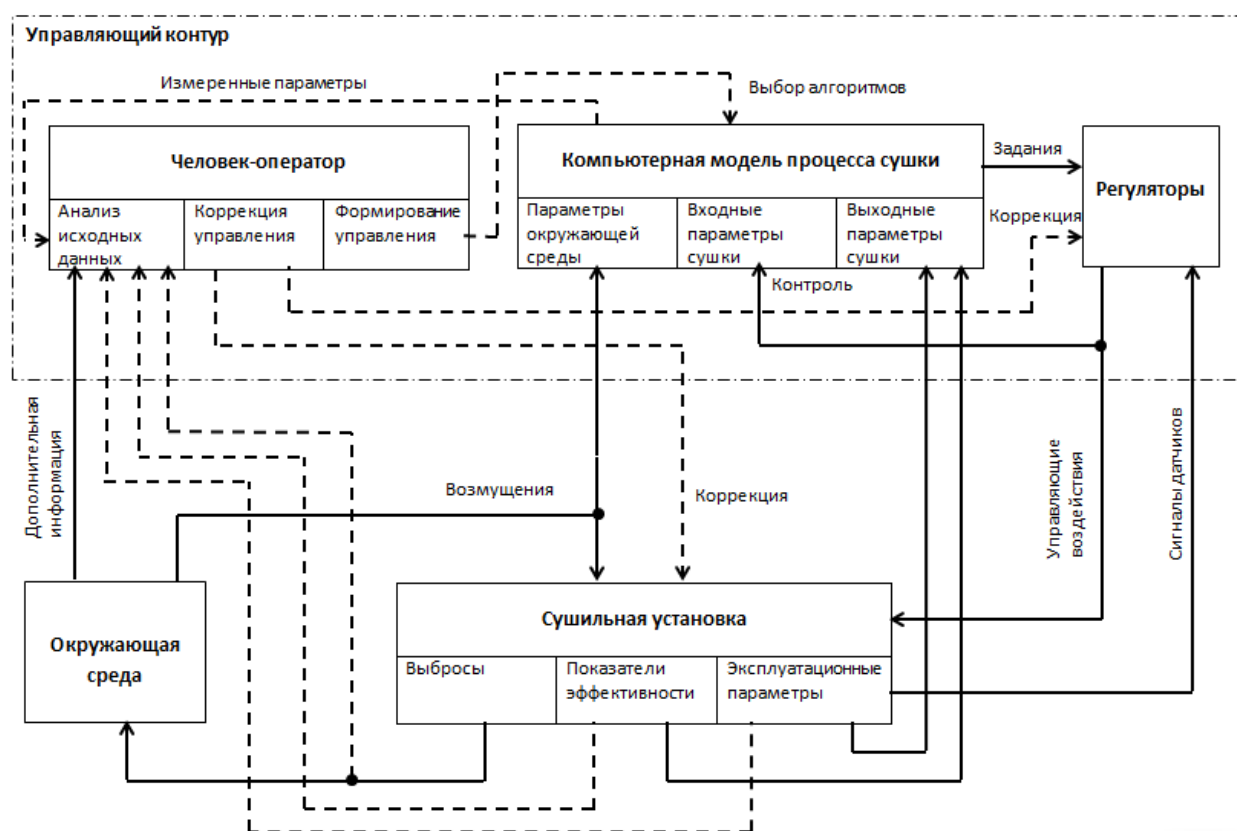


Рисунок 1 — Схема организации процесса управления сушильной установкой

Однако указанные каналы обладают существенным запаздыванием или могут быть аппроксимированы динамическими звеньями с существенным запаздыванием. Поэтому классические регуляторы для них непригодны, так как не обеспечивают устойчивость соответствующих контуров управления.

Для обеспечения устойчивости и гибкости управления предложен так называемый γ -регулятор, представляющий собой безынерционное динамическое звено с управляемым коэффициентом усиления, включенное в разомкнутую часть управляющего контура. Коэффициент усиления этого звена изменяется в функции времени по специальному закону $\gamma(t)$. Таким образом, регулятор масштабирует ошибку регулирования заданной функцией, что позволяет организовывать гибкое управление, обеспечивая устойчивость и высокую точность.

Законы изменения коэффициента усиления таких регуляторов получены методом построения цифровых моделей аналоговых динамических процессов [4]. Для этого составляются разностные уравнения, описывающие состояние выхода динамического звена в зависимости от состояния входа, заданных характеристик переходных процессов и искомым функций изменения коэффициента усиления регулятора. Из этих уравнений выражаются искомые функции, обеспечивающие заданные характеристики переходных процессов выходных координат каналов управления. Решение задачи выполняется путем представления непрерывных закономерностей в виде рекуррентных зависимостей в соответствии с методикой, изложенной в [5]. Это облегчает построение управляющих систем, работающих в реальном масштабе времени, на основе элементов микропроцессорной техники.

Различные каналы управления аппроксимируются различными динамическими звеньями. Так, каналы управления скоростью воздуха описываются динамическими звеньями без запаздывания, поэтому управление ими может осуществляться классическими ПИ- и ПИД-регуляторами.

Регуляторы, полученные описанным способом для основных каналов управления сушильным агрегатом, приведены в таблице 1.

Аналогично можно получить регуляторы для различных промышленных объектов, которые аппроксимируются другими передаточными функциями. При этом всегда можно будет обеспечить заданные характеристики переходных процессов.

Таблица 1 — Регуляторы для основных каналов управления сушильным агрегатом

| Канал управления | Аппроксимация | Регулятор |
|---|---|--|
| Нагрузка по исходному углю — влажность конечного продукта | $\frac{Ke^{-\tau p}}{Tp+1}; \tau \geq 3$ | $\gamma_n = \frac{K_3}{KT_3 h} \left[\frac{T}{h} (A_n - 2A_{n-1} + A_{n-2}) + A_n - A_{n-1} \right];$ $A_n = [(2T_3 - h)A_{n-1} + T_3 h(X_n + X_{n+1})] / (2T_3 + h)$ |
| Расход топлива — температура в топке | $\frac{Ke^{-\tau p}}{T^2 p^2 + 2\xi Tp + 1}; \tau \geq 3$ | $\gamma_n = \frac{K_3}{KT_3} \left[\frac{T^2}{h^2} (A_n - 2A_{n-1} + A_{n-2}) + \frac{2\xi T}{h} (A_n - A_{n-1}) + A_n \right];$ $A_n = [(2T_3 - h)A_{n-1} + T_3 h(X_n + X_{n+1})] / (2T_3 + h)$ |
| Дымосос — скорость воздуха | K | $W(p) = K_{II} + \frac{K_{II}}{p}$ |
| Скорость воздуха — температура в топке | $\frac{Ke^{-\tau p}}{Tp+1}; \tau < 3$ | $W(p) = K_{II} + K_D p + \frac{K_{II}}{p}$ |

Здесь K, K_3 — соответственно коэффициенты усиления: объекта и заданный; T, T_3 — постоянная времени объекта и заданная постоянная времени переходного процесса; τ — запаздывание; γ — коэффициент усиления регулятора; ξ — коэффициент демпфирования объекта; h — шаг квантования по времени; n — номер шага квантования; x — единичная ступенчатая функция, повторяющаяся через интервалы времени $t = \tau + 4T_3$; A — промежуточная переменная; W — передаточная функция; p — оператор Лапласа; $K_{П}, K_{И}, K_{Д}$ — коэффициенты ПИ- и ПИД-регуляторов.

Полученные регуляторы позволяют обеспечить заданные характеристики переходных процессов в каналах управления сушильным агрегатом, что приводит к снижению информационной нагрузки на человека-оператора и позволяет в целом повысить качество управления.

Список литературы

1. Зотов В. А. Управление процессами сжигания твердого топлива / В. А. Зотов // Сборник научных трудов ДонГТУ. — Алчевск, 2008. — Вып. 24. — С. 66–73.
2. Зотов, В. А. Снижение негативного воздействия пыли на окружающую среду за счет использования адаптивной эргатической системы управления процессом сушки угольного концентрата / В. А. Зотов, А. А. Ноженко // Сборник научных трудов ДонГТУ. — Алчевск, 2018. — Вып. 52. — С. 41–46.
3. Зотов, В. А. Техничко-экологическая модель процесса сушки угольного концентрата / В. А. Зотов // Сб. тр. науч. конф. «50 лет кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности». — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2018. — С. 147–158.
4. Гостев, В. И. Системы управления с цифровыми регуляторами : справочник / В. И. Гостев. — К. : Тэхника, 1990. — 280 с.
5. Зотов, В. А. Переход от динамической структуры к численному решению / В. А. Зотов // Сборник научных трудов ДонГТУ. — Алчевск, 2015. — Вып. 44. — С. 89–91.