

**УДК 681.5:517.444**

Сулимова Анастасия Андреевна, аспирант каф. ИиAPS  
Ефремова Виктория Александровна, студент гр. ИТб-201  
Симикова Анна Алексеевна, доцент, к.т.н  
(КузГТУ, г. Кемерово)

Anastasia A. Sulimova, postgraduate student of the department of IaAPS  
Victoria A. Efremova, student of the ITb-201 group  
Anna A. Simikova, associate professor, candidate of engineering sciences  
(KuzSTU, Kemerovo)

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ СГУЩЕНИЯ ПУЛЬПЫ  
В РАДИАЛЬНОМ СГУСТИТЕЛЕ НА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ  
ФАБРИКАХ**

**AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR  
THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF PULP THICKENING  
IN THE RADIAL THICKENER AT THE PROCESSING PLANTS**

**Аннотация.** Представлены и описаны необходимые аспекты проектирования и рабочего функционирования автоматизированных систем управления на примере системы управления процессом сгущения пульп на обогатительных фабриках. Объект исследования – радиальный сгуститель и переходные процессы, возникающие при дозировании флокулянтов. Представлена техническая реализация системы управления, описаны типы и способы измерения технологических параметров.

**Abstract.** The article presents and describes the necessary aspects of designing and operational functioning of automated control systems, using the example of a control system for the process of pulp thickening at processing plants. The object of research is a radial accelerator and transient processes during the dosing of flocculants. The actual engineering realization of the system is submitted here, the types and methods of measuring technological parameters are described.

Автоматизация процесса сгущения хвостов флотации в радиальном сгустителе, применяемом на большинстве угольных обогатительных фабрик, является актуальной задачей. Эффективность дальнейших гравитационных методов обогащения во многом определяется чистотой используемой на выходе радиального сгустителя оборотной воды.

Рассмотрим радиальный сгуститель в качестве объекта автоматизации. Сгуститель представляется как сложный, инерционный объект (рис.

1). Выходные параметры: плотность слива  $\delta_c$  и плотность сгущенного продукта  $\delta_{cr}$ . Возмущающие воздействия: гранулометрический состав твердой фазы питания, плотность и расход питания радиального сгустителя ( $\Gamma, Q_x, \delta_x$ ). Промежуточные выходные параметры: плотность осветленного слоя  $\delta_{cl}$  и его высота ( $H_{cl}$ ) [1].

Цель управления радиальным сгустителем, относительно требований технологии, заключается в стабилизации плотности сгущенного продукта ( $\delta_{cr} = const, \delta_{cl} < \delta_{cl\text{ доп}}$ ).

Управляющим воздействием для стабилизации плотности сгущенного продукта является величина сечения выпускного отверстия у сгустителя. Для обеспечения условия допустимой плотности слива управляющим воздействием может быть расход флокулянта.

Использование системы регулирования плотности слива по отклонению с помощью изменения расхода флокулянта довольно непростая задача. Поскольку согласно теории управления известно, что система регулирования по отклонению становится бесполезной, или в некоторых случаях вредной, если выполняется условие:

$$\tau_{ob} > 1/\alpha, \quad (1)$$

где  $\tau_{ob}$  - запаздывание объекта регулирования,

$\alpha$  - параметр, который характеризует среднюю скорость изменения возмущающего воздействия [2].

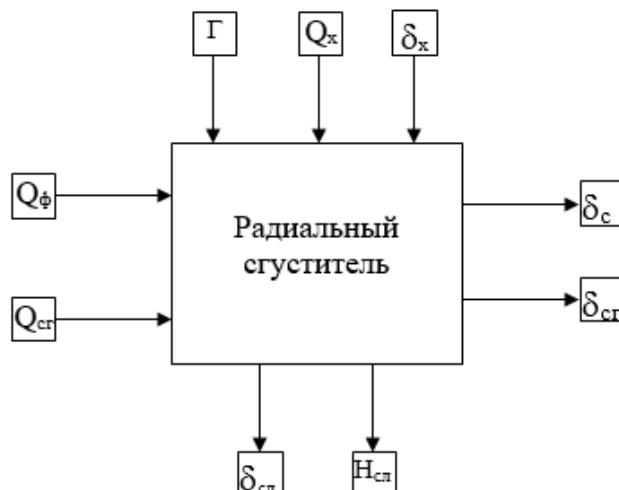


Рис. 1 – Структурная схема объекта управления

Радиальный сгуститель по каналу регулирования плотности слива (САР по отклонению) с помощью изменения расхода флокулянта характеризуются большой инерционностью [3], что обеспечивает выполнение

условия (1). Таким образом, система автоматическая регулирования (САР) неработоспособна.

Предлагается решить данную проблему двумя методами. Первый метод предлагает ввести систему регулирования расхода питания радиального сгустителя по возмущению  $Q_{\text{пит}}$ . Второй метод предполагает обеспечить стабилизацию высоты осветленного слоя в радиальном сгустителе путем изменения расхода флокулянта  $Q_{\text{фл}}$ . По каналу изменения расхода флокулянта инерционность объекта управления значительно меньше и реализация САР по отклонению адекватна. Стоит отметить, что некую сложность представляет измерение высоты осветленного слоя. Этот вопрос будет рассмотрен ниже, где будет предложен косвенный вариант измерения толщины осветленного слоя радиального сгустителя [4].

Первая САР, представленная на рис. 2, выполняет функции стабилизации высоты осветленного слоя, путем изменения расхода флокулянта. На основании показаний датчика высоты осветленного слоя (1-1) регулятор управляет исполнительным механизмом (1-6) регулирующего органа (1-7) установленного на линии подачи флокулянта в сгуститель.

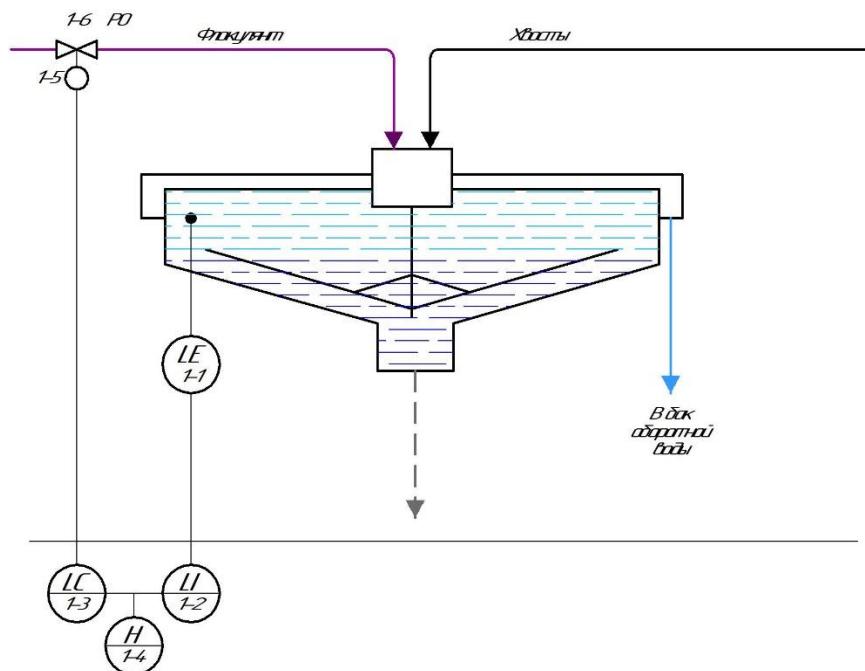


Рис. 2 – САР стабилизации высоты осветленного слоя радиального сгустителя

С целью контроля степени флокуляции в контуре управления насосом, дозирующим флокулянт, высота осветленного слоя может быть измерена, например, поплавковым уровнемером. Однако, данный способ на практике показывает низкую эффективность, поскольку при неправильном управлении в зоне осаждения плотность осадка сильно колеблется. Пред-

лагается альтернативный метод косвенного измерения толщины осветленного слоя радиального сгустителя.

Датчик давления высоты постели устанавливается в разгрузочном конусе сгустителя, что позволяет косвенно измерить массу сгущенного слоя. Давление изменяется в диапазоне измерения 0-40 МПа. Датчик выдает унифицированный токовый сигнал 4-20 мА с погрешностью измерения  $\pm 0,15\%$ .

Вторая САР (рис. 3) выполняет функции стабилизации плотности сгущенного продукта (2-1) за счет изменения величины сечения выпускного отверстия регулирующего органа (2-6) на выходе сгустителя.

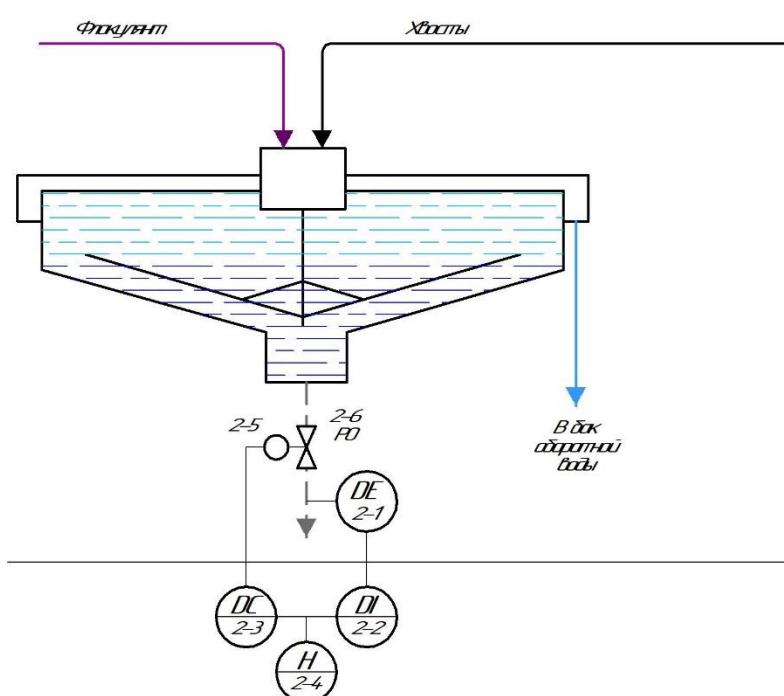


Рис. 3 – САР стабилизации плотности сгущенного продукта

Для непрерывного измерения плотности сгущенного продукта предлагается вибрационный плотномер. Первичный преобразователь устанавливается в трубопровод. Он изготовлен из стального трубчатого корпуса, в котором закрепляются жестко соединенный с камертоном пьезопреобразователь и термопреобразователь. Генератор с помощью пьезопреобразователя возбуждает колебания камертонов. Изменение плотности сгущенного продукта, в который погружен камертон, влияет на частоту его колебаний. Частота пересчитывается в значение плотности в  $\text{кг}/\text{м}^3$  с учетом температурной поправки. Датчик выдает унифицированный токовый сигнал 4-20 мА с погрешностью измерения  $\pm 0,5\%$ .

Полная схема автоматизации процесса сгущения в радиальном сгустителе приведена на рис. 4. Она включает две приведенные ранее системы

автоматического регулирования по отклонению, а также системы автоматического контроля и сигнализации.

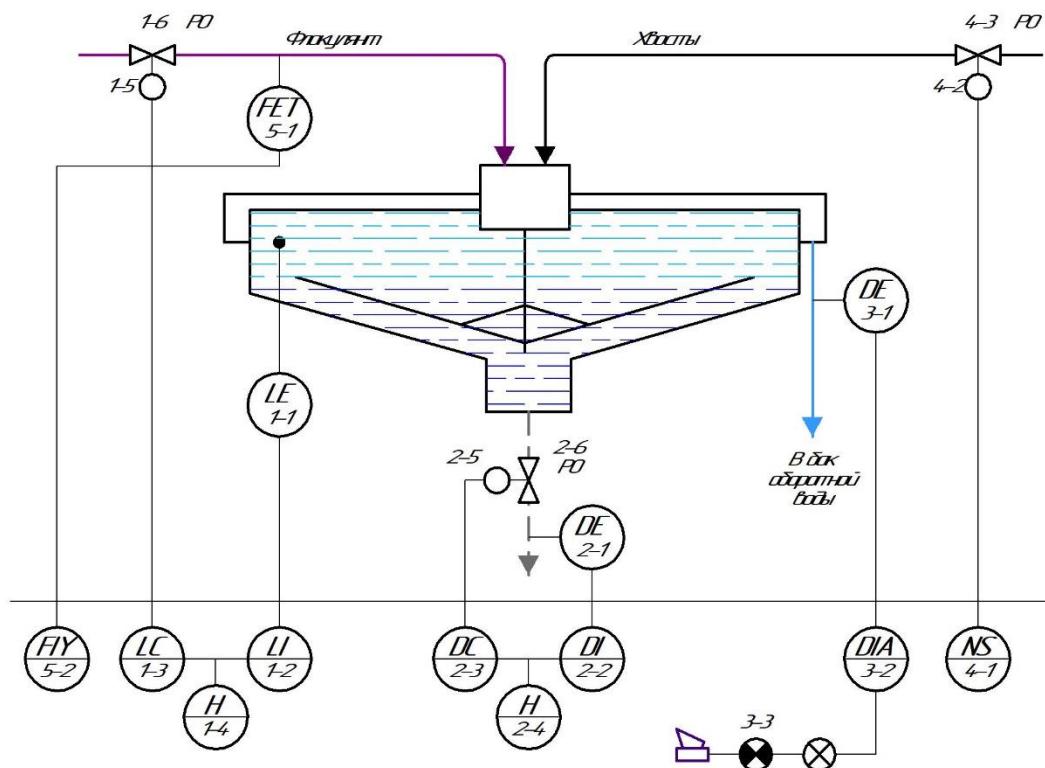


Рис. 4 – Схема автоматизации радиального сгустителя

Аварийная сигнализация и контроль плотности слива осуществляется мутномером (3-1) и вторичным прибором с функцией световой и звуковой сигнализации (3-3). Данная система позволяет использовать слив как оборотную воду.

Контроль плотности слива в осветленном сливе сгустителя осуществляется мутномером. Его принцип работы заключается в пропускании узко направленного потока света через слив. Погружные зонды устанавливаются непосредственно в точку отбора показаний в верхней области желоба для сбора слива сгустителя. Вторичный преобразователь фиксирует величину рассеивания инфракрасного излучения твердыми частицами пульпы под углом 90° на основе нефелометрического метода исследования [5].

В случае изменения гранулометрического состава твердой фазы питания система регистрирует изменение мутности в верхних слоях радиального сгустителя и своевременно сигнализирует о нарушении технологического процесса, не допуская брака кондиции по сливу. Плотность изменяется в диапазоне измерения 0-1000 мг/л. Датчик выдает унифицированный токовый сигнал 4-20 мА с погрешностью измерения ± 2 %.

Подача пульпы на сгущение в радиальный сгуститель осуществляется центробежным насосом (4-3).

Принимая во внимание большой расход и высокую стоимость флокулянтов рационально осуществлять контроль и учет расхода флокулянта (5-1).

#### Список литературы

1. Гудима В.И. Основы автоматизации обогатительных фабрик. – М: Недра, 1979. – 213 с.
2. Крутов В.И., Спорыш И.П., Юношев В.Д. Основы теории автоматического регулирования. - М.: Машиностроение, 1969. – 360 с.
3. Автоматизация производства углеобогатительных фабрик/Л.Г. Мелькумов, В.А. Ульшин и др. – М.: Недра, 1983. – 295 с.
4. Козин В.З., Тихонов О.Н. Опробование, контроль и автоматизация обогатительных процессов. Учеб. для вузов. - М.: Недра, 1990. – 343 с.
5. АСУ сгустителя/осветлителя [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.twellgroup.ru/asu\\_sgust.html](http://www.twellgroup.ru/asu_sgust.html).