УДК 662.794.2

Д.Н.САФОНОВ
Металлургический факультет, группа АПМ-М-03

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПУЛЬП НА ПРЕСС-ФИЛЬТРАХ

Одним из основных технологических процессов, определяющих эффективность гидрометаллургических схем предприятий цветной металлургии, химических, обогатительных и ряда других производств, является процесс фильтрации технологических пульп и сбросных растворов (или шламов). Повышение производительности и эффективности фильтров – одна из приоритетных задач, при ее решении необходимо не столько увеличивать габариты фильтра, сколько интенсифицировать процесс, т.е. вести разделение с максимальной скоростью, обеспечивающей удовлетворительное качество получаемого продукта.

One of the basic technological processes, which defines the affectivity of hydrometallurgical schemes of the non-ferrous metallurgical plants, chemical plants and concentrate-production plants is the filtration process of technological pulps and waste solutions. One of the most priority tasks today is the productivity improvement of filters. During the solving this problem the main attention will be pay for the intensification of filtration process. For example we need to direct the separation process with maximum speed and, also, to receive the satisfactory quality of product.

Современный подход к проектированию фильтров состоит в объединении нескольких разных по физической сущности процессов обезвоживания в одной установке, что дает ощутимый выигрыш в эффективности разделения, обеспечивает сокращение энергетических и эксплуатационных затрат, позволяет полностью автоматизировать фильтрационный передел [1]. Поэтому современный фильтр должен представлять собой сложнейший агрегат с множеством функций, режимов работы и плавающих характеристик. Настройка такого фильтра и управление его работой – нелегкая задача, которую должен решать не только обслуживающий персонал, а в основном система автоматического управления (САУ), входящая в состав фильтра [2-5].

На сегодняшний день разработано и внедрено в различные производства большое число разных типов фильтров, отличающихся друг от друга размерами, принципами разделения фаз, способом создания разности давлений и другими характеристиками. Но для дальнейшего исследования, моделирования и разработки автоматической системы управления были выбраны пресс-фильтры, так как они обладают рядом преимуществ перед фильтрами других типов. Основными отличительными особенностями пресс-фильтров являются: высокая производительность; развитая поверхность фильтрования; возможность регулирования толщины и влажности осадка; незначительные затраты времени на вспомогательные операции; регенерация ткани без остановки аппарата; полная автоматизация процесса фильтрования.

Одной из самых удачных реализаций автоматического вертикального пресс-фильтра являются пресс-фильтры финской фирмы «Larox Oy». Компания выпускает фильтры Larox PF с площадью фильтрования от 1,6 до 144 м^2 и производительностью от 0,1 до 150 т/ч по сухому продукту. Они способны существенно сократить расходы на разделение суспензий (в ряде случаев более чем на 70 %).

Пресс-фильтры Larox являются агрегатами периодического действия, функционирующими в автоматическом режиме. Фильтрация рудных концентратов произ-

водится в основном по укороченной программе, без промывки, состоящей из четырех стадий: питание пульпой; диафрагменное прессование; сушка продувкой воздухом; выгрузка кека.

Для разработки математической модели фильтрации на пресс-фильтре, а также для синтеза автоматизированной системы управления была использована сульфидная медно-никелевая пульпа процесса обогащения комбината «Печенганикель» со следующими характеристиками: фракционный состав: Cu-Ni 90 % – 63 мкм, 80 % – 45 мкм, 55 % – 20 мкм, 15 % – 5 мкм; плотность твердой фазы $\rho_{ос} = 2600$ кг/м^3; вязкость дисперсионной среды $\mu_ж = 1{,}2 \cdot 10\text{-}3$ Па·с; удельное сопротивление осадка $r_{ос} = 86{,}6 \cdot 1011$ Н·с/м^4; содержание твердого в суспензии (массовая доля) $a = 0{,}65$.

Эксперименты проводились на лабораторном пилотном пресс-фильтре Larox PF 0,1 со следующими характеристиками: площадь фильтрования $F = 0{,}1$ м^2; сопротивление фильтрующей перегородки $R_{фп} = 17{,}5 \cdot 10^{10}$ Н·с/м^3; объемный расход поступающей пульпы $Q_п = 18 \cdot 10^{-3}$ м^3/с; перепад давления на фильтре (фильтрация) $\Delta p = 0{,}61$ МПа (6 бар).

На основании формул, описывающих процесс фильтрования, математическое описание работы пресс-фильтров как объекта управления можно представить в виде следующей системы дифференциальных уравнений в обычном и интегральном виде:

$$\begin{cases} \dfrac{dh_{ïñ}}{d\tau} = \dfrac{F\Delta p}{r\mu_{æ}\left(\dfrac{h_ï F}{u} + V\right)} \\ \dfrac{dV}{d\tau} = \dfrac{F^2\Delta p}{ur\mu_{æ}\left(\dfrac{h_ï F}{u} + V\right)} \end{cases} \times$$

$$\times \begin{cases} h_{ïñ} = h_{ïñ_0} + \int \dfrac{F\Delta p}{r\mu_{æ}\left(\dfrac{h_ï F}{u} + V\right)} dt \\ V = V_0 + \int \dfrac{F^2\Delta p}{ur\mu_{æ}\left(\dfrac{h_ï F}{u} + V\right)} dt \end{cases}.$$

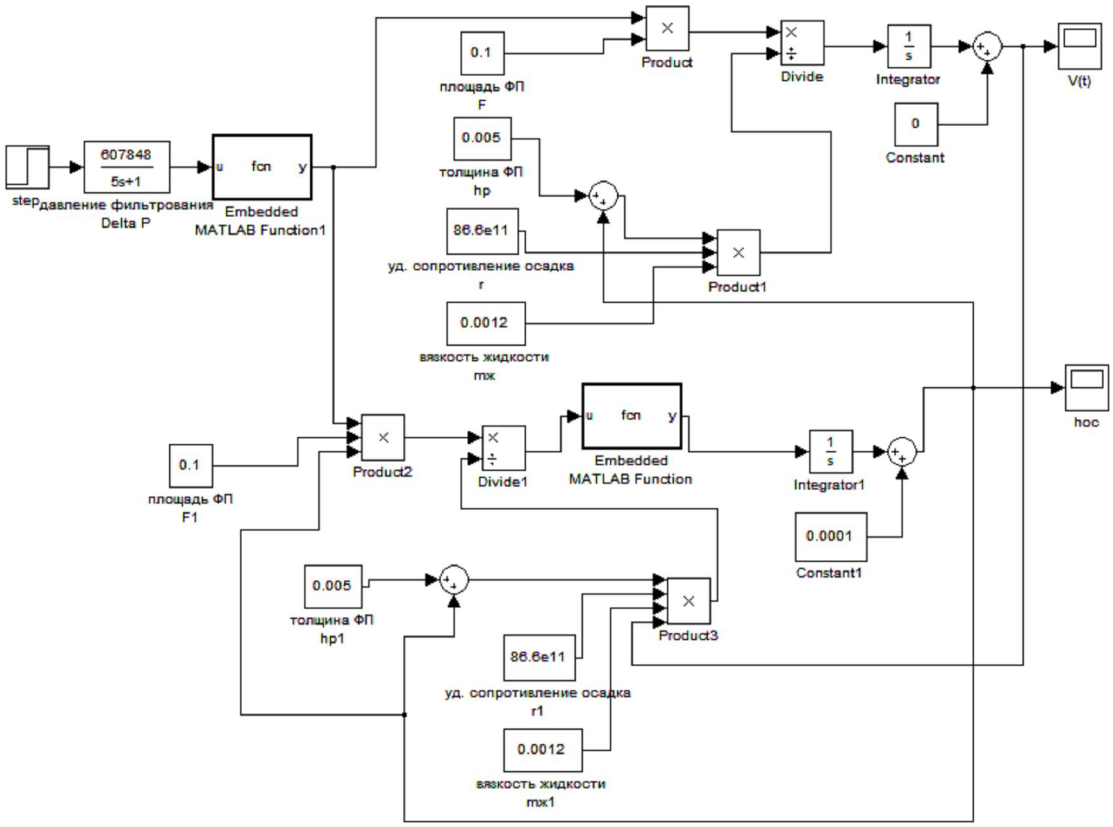


Рис.1. Нелинейная модель объекта управления

Для определения статических и динамических характеристик объекта управления по всем возможным каналам управления и возмущения необходимо решить приведенную систему дифференциальных уравнений. Так как система состоит из нелинейных дифференциальных уравнений, то получить передаточную функцию для объекта управления мы не можем. Единственным способом моделирования процесса фильтрования является создание модели в программе Simulink (программа, входящая в MatLAB) с использованием интегральных уравнений (рис.1).

Для создания модели была использована передаточная функция, полученная нами ранее. Она необходима для моделирования изменения давления на входе фильтра при единичном изменении расхода (т.е при начале подачи суспензии). В модели также использовались блоки Embedded MatLAB Function для того, чтобы моделирование проходило успешно в начальный момент времени, когда и толщина слоя осадка на фильтровальной перегородке и объем фильтрата равны нулю.

В результате моделирования был получен график изменения объема фильтрата по времени (рис.2), который обозначен сплошной линией. На этом же графике представлены и экспериментальные данные, которые были получены с пилотного пресс-фильтра. Видно, что данные моделирования и экспериментальные данные располагаются довольно близко друг к другу.

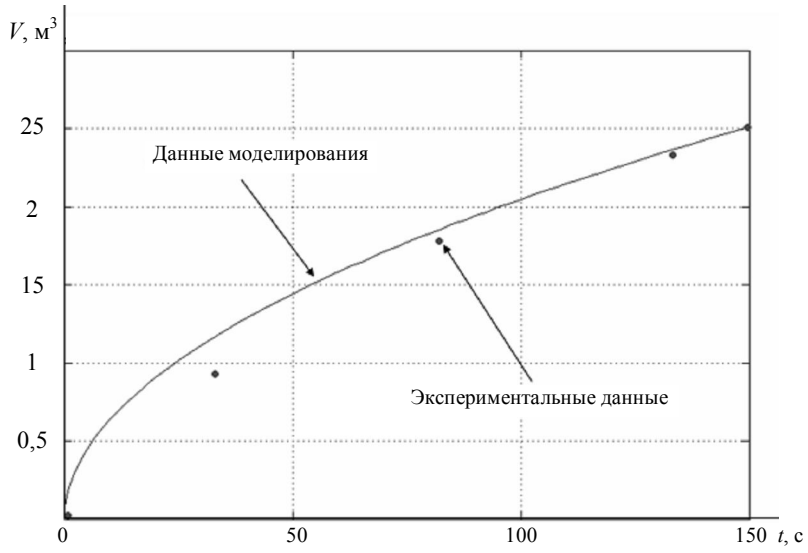


Рис.2. Результаты моделирования в Simulink

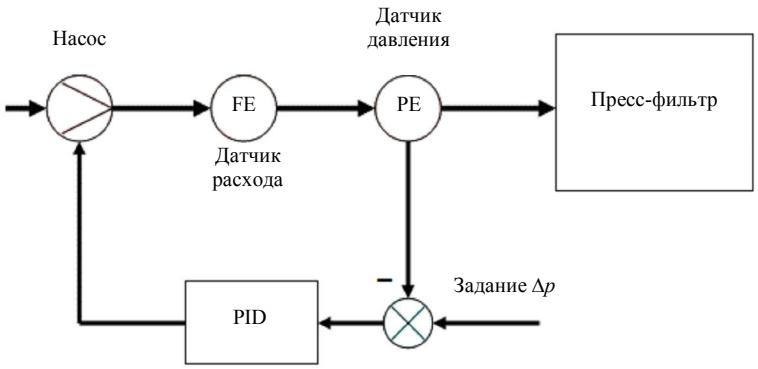


Рис.3. Стабилизационная САУ

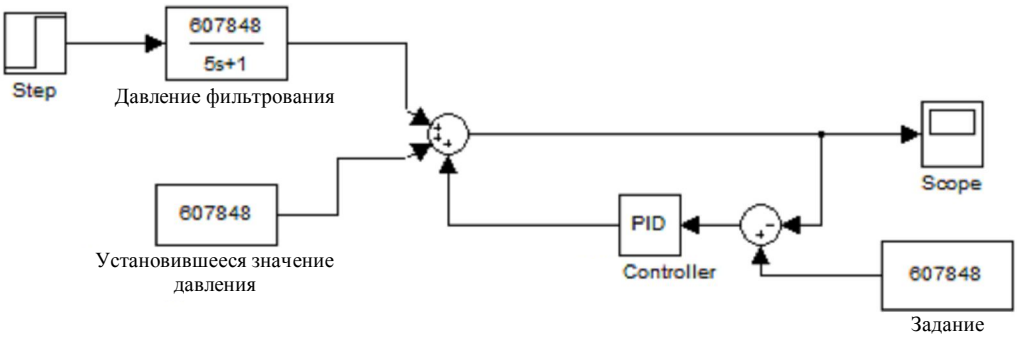


Рис.4. Модель стабилизационной САУ в Simulink

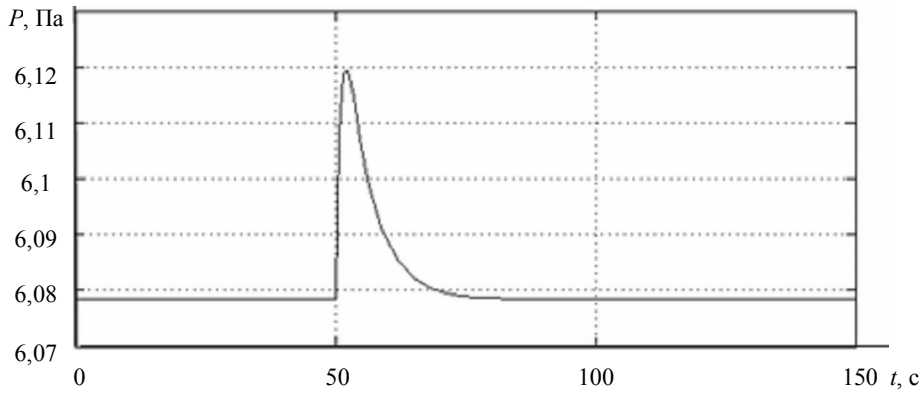


Рис.5. Результаты моделирования стабилизационной САУ

Изменение давления при фильтровании не всегда целесообразно, так как это требует дополнительных регуляторов, в широких пределах варьирующих мощность насосных установок. В связи с этим наиболее часто используемым режимом протекания процесса является фильтрование с образованием осадка при постоянном перепаде давлений. Поэтому была разработана автоматизированная система управления с использованием пропорционального дифференциально-интегрального (ПИД) регулятора, поддерживающая постоянным давление суспензии на входе фильтра. Структура такой системы приведена на рис.3.

Реализация данной системы автоматизированного управления в Simulink приведена на рис.4, результаты моделирования – на рис.5. Видно, что если произошло случайное отклонение давления суспензии на входе фильтра на некоторую величину, то разработанная система выведет давление на предыдущее заданное значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белоглазов И.Н.* Фильтрование технологических пульп / И.Н.Белоглазов, В.О.Голубев, О.Н.Тихонов; ФГУП. М., 2003. 318 с.

2. *Голубятников В.А.* Автоматизация производственных процессов в химической промышленности / В.А.Голубятников, В.В.Шувалов. М.: Химия, 1985. 350 с.

3. *Копелович А.П.* Инженерные методы расчета при выборе автоматических регуляторов. М.: Металлургиздат, 1960. 190 с.

4. *Клюев А.С.* Автоматическое регулирование. М.: Высшая школа, 1986. 352 с.

5. *Шмонин Ю.Б.* Автоматические системы управления технологическими процессами в металлургии: Практикум / Ю.Б.Шмонин, З.М..Туринский; СПГГИ. СПб, 1998. 125 с.

Научный руководитель д-р т.н. проф. *И.Н.Белоглазов*