

Изложенный подход может быть также использован при кинематическом синтезе подобных механизмов.

Список литературы

1. Дворников, Л. Т. О кинематической разрешимости плоской четырехзвенной группы Асура четвертого класса графо-аналитическим методом / Л. Т. Дворников // Известия вузов. Машиностроение. - 2004. - N 12. - С. 9-15
2. Дворников Л.Т., Стариков С.П. Кинематика и кинетостатика плоской шестизвенной группы Асура четвертого класса. – Теория механизмов и машин. – С. Пб. – 2006. – № 1(7). – Том 4. – с. 61–65.
3. Мацюк І.М. Дослідження кінематики та динаміки механізмів засобами векторної алгебри. // ВІСНИК Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. Серія “Гірництво”: Збірник наукових праць. – Київ: НТУУ “КПІ”: ЗАТ “Техновибух”, 2009. – Вип. 18. – с. 79-84.
4. Третьяков В.М. Использование программы Mathcad при определении скоростей и ускорений рычажных механизмов. // Теория механизмов и машин. – Санкт-Петербург. – 2009. – № 2. – с. 40-48.
5. Мацюк І.Н, Шляхов Э.М.. Определение кинематических параметров структурной группы четвертого класса в программе Mathcad. // ВІСНИК Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. Серія “Гірництво”: Збірник наукових праць. – Київ: НТУУ “КПІ”: ПрАТ “Техновибух”, 2011. – Вип. 21. – с. 115-120.
6. Мацюк І.Н. Третьяков В.М., Шляхов Э.М. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов высоких классов в программе Mathcad. // Теория механизмов и машин. – Санкт-Петербург. – 2012. – № 1. – С. 65-70.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ткачовим В.В.
Надійшла до редакції 16.10.2012*

УДК 622.794.22

© Н.М. Трипутень, Д.В. Носкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ФИЛЬТРОВАНИЯ НА ГОКах

Приведены результаты анализа систем автоматического управления процессом фильтрования на ГОКах.

Наведено результати аналізу систем автоматичного управління процесом фільтрування на ГЗК.
Results of the analysis of automatic process control filtration in mining enterprises.

Процесс фильтрования (удаления влаги из тонких обводненных концентратов) является заключительным в технологии обогащения руд чёрных металлов горно-обогатительных комбинатах (ГОКах). На обогатительных фабриках Украины для его реализации применяют в основном вакуумные дисковые фильтры как отечественного, так и зарубежного производства. При этом удель-

ное потребление электроэнергии фильтровальными установками существенно ниже, чем дробильными, измельчительными агрегатами и магнитными сепараторами [1]. Этим, вероятно, объясняется отсутствие должного внимания к совершенствованию способов и систем автоматического управления данным процессом при решении задач энергосбережения в условиях роста цен на энергоносители. Вместе с тем именно по результатам ведения процесса фильтрации окончательно формируются количественные и качественные показатели концентрата железной руды, отклонение которых от заданных значений может привести к экономическим потерям.

Так, сгущённый продукт-пульпа с выхода дешламатора поступает на вакуум-фильтры. Случайные изменения качественных характеристик перерабатываемой руды могут вызывать как увеличение производительности участка магнитного обогащения так и снижение производительности фильтровальных установок. Это является причиной перелива на вакуум-фильтре [2]. Перелив возвращается на вход дешламатора, что вносит качественные изменения в структуру всей схемы обезвоживания за счёт появления в ней технологической положительной обратной связи – циркулирующей нагрузки. Таким образом, готовый к фильтрованию материал повторно поступает на дешламацию, что приводит к нарушению технологического процесса обесшламливания и, как следствие, к ухудшению показателей качества готового продукта.

Следующим после фильтрации на ГОКах является металлургический процесс приготовления окатышей. Кека влажностью 9-10%, который получен на выходе фильтровальных установок, подаётся в дозирочные бункера, а затем на конвейерную ленту, где смешивается в определённой пропорции со связующими добавками (главным образом бентонит, а также его смесь с водой, известь, хлористый кальций, железный купорос, гуминовые вещества). Полученная таким образом шихта поступает на окомкователь. Причём прочность формируемых в окомкователе окатышей имеет ярко выраженную экстремальную (в некоторых случаях отмечено наличие двух максимумов) зависимость от влажности концентрата [3]. Отклонение влажности концентрата от оптимального значения приводит к потере качества (прочности) сырых окатышей.

Таким образом, процесс фильтрации оказывает влияние на протекание предшествующего и последующего технологических процессов. Поэтому наибольшей эффективности управления процессом фильтрации может быть достигнуто при использовании автоматических систем, учитывающих закономерности не только данного процесса, но и его связь с процессами дешламации и окомкования. Эти системы должны удовлетворять следующему критерию управления:

$$|v_m - v_{зад}| \rightarrow \min, \quad (1)$$

при $q_T \geq q_{доп}$

Здесь v_T и $v_{зад}$ – текущее и заданное значение влажности кека; q_T и $q_{доп}$ – текущая и допустимая производительность.

В данной статье приведен анализ систем автоматического управления (САУ) процессом фильтрования с точки зрения сформулированного требования. Анализ выполнен в рамках государственной бюджетной научно-исследовательской работы (Министерства образования и науки Украины) кафедры автоматизации и компьютерных систем Национального горного университета "Разработка моделей процессов горно-металлургического производства и систем их автоматизации с целью повышения их энергоэффективности", утверждённой.

Известна многосвязная САУ фильтрованием на дисковых вакуум-фильтрах по косвенным параметрам, разработанная УГППКИ Metallurgavtomatika для фильтровального отделения СевГОКа [4]. Данная система управления решала задачи согласования производительности вакуум-фильтров с производительностью секции по концентрату и поддержания влажности осадка в заданных пределах. В её состав входили три локальные системы автоматического регулирования (САР): уровня магнетита в дешламаторе; разрежения в зоне набора осадка и температуры среды под кожухом вакуум-фильтра.

Согласование производительности отделения фильтрования и секции по концентрату осуществлялось следующим образом. При изменении производительности секции по концентрату изменялся соответственно и уровень магнетита в дешламаторе. Сигнал рассогласования между заданным и текущим уровнями поступал на вход ПИД - регулятора. ПИД - регулятор вырабатывал сигнал, который воздействовал на цепи обмоток управления двигателями привода вакуум-фильтров, изменяя частоту вращения их дисков.

Поддержание влажности осадка в заданных пределах осуществлялось по косвенным параметрам, характеризующих влажность – толщины осадка и температуры среды под кожухом фильтра. Для этой цели при регулировании были использованы полученные в ходе предварительных исследований корреляционные зависимости между толщиной осадка и вакуумом в зоне набора осадка при различной частоте вращения дисков и между влажностью осадка и температурой под кожухом. В системах автоматического регулирования САР влажностью были применены П - регуляторы.

Рассмотренная система автоматического управления фильтрованием соответствует критерию управления (1) и позволила в 1,5-2,0 раза снизить колебания содержания влаги в осадке относительно его оптимального значения. Однако отсутствие в САУ адаптивных элементов предполагает периодическое проведение промышленных экспериментов для корректировки корреляционных зависимостей в условиях нестационарности процесса фильтрования вследствие временных изменений количественных и качественных показателей перерабатываемой руды. Это снижает эффективность автоматического управления. Кроме того согласование производительностей отделения фильтрования и секции по концентрату по уровню магнетита в дешламаторе не исключает появления переливов в вакуум-фильтрах.

В [2] была предложена принципиально новая система регулирования производительностью участка фильтрации. Работа САР основана на возможности определения циркулирующей нагрузки по формуле:

$$S = \delta Q - p, \quad (2)$$

где S - величина циркулирующей нагрузки, кг/с; δ - плотность пульпы на выходе дешламатора, кг/м³; Q - производительность пескового насоса на разгрузке дешламатора, м³/с; p - производительность по готовому продукту (кеку) на выходе вакуум-фильтра, кг/с.

Управляющее устройство, на вход которого непрерывно поступают сигналы с плотномера, установленного на разгрузочном трубопроводе дешламатора, электродвигателя пескового насоса дешламатора и весов, установленных на конвейере под дисковым вакуум-фильтром, рассчитывает текущее значение циркулирующей нагрузки согласно (2). Затем в блоке сравнения рассчитанное значение сопоставляется с заданным. Сигнал на выходе блока сравнения, соответствующий величине рассогласования, воздействует на систему управления электродвигателем вакуум-фильтра, изменяя частоту вращения дисков. Этим достигается увеличение производительности фильтра и, как следствие, уменьшение циркулирующей нагрузки и создание нормальных технологических условий ведения процесса обесшламливания магнетитового кварцита.

Нетрудно видеть, что в данной системе реализован следующий критерий управления:

$$|q_m - q_{\text{зад}}| \rightarrow \min, \quad (3)$$

Здесь $q_{\text{зад}}$ - заданное значение производительности вакуум-фильтров (текущее значение производительности участка обезвоживания).

Данная система обеспечила на стадии обесшламливания приращение содержания железа в концентрате в среднем на **0,21%**. Вместе с тем увеличение частоты вращения дисков вакуум-фильтров неизбежно приводит к отклонению влажности кека от его оптимального значения. Поэтому для сохранения положительного эффекта от использования рассмотренной САР необходимо обеспечить стабилизацию влажности готового продукта на заданном уровне, что бы избежать потерь при ведении последующих технологических процессов – транспортировки концентрата и производства сырых окатышей. Вопросы согласования управления производительностью участка фильтрования и влажностью осадка в упомянутой работе не рассматривались.

В [5] предложен алгоритм оптимального адаптивного управления процессом фильтрования в барабанном вакуум-фильтре с внутренней фильтрующей поверхностью. Алгоритм основан на математической модели процесса фильтрования, предложенной в [6] и представляющей собой статическую нелинейную зависимость производительности q (м³/г) от угловой скорости вращения барабана ω (об/мин):

$$q = A\omega \left\{ \left[(r + r'\omega)^2 + B\omega^{-1}c(1-c)^{-1} \right]^{0,5} - (r + r'\omega) \right\}, \quad (4)$$

Здесь c – объёмное содержание твёрдого в ванне фильтра; A, B, r, r' – постоянные.

Зависимость (4) является экстремальной и в неявном виде учитывает радиус и длину барабана вакуум-фильтра, высоту слоя осадка, динамическую вязкость суспензии, удельное сопротивление осадка и фильтроткани, перепад давления за счёт вакуума.

В результате корректных допущений и преобразований выражения (3) авторами была получена формула для вычисления оптимального значения ω , обеспечивающая максимум производительности:

$$\omega_0 = \sqrt{0,5\bar{q}A^{-1}(r')^{-1}} \quad (5)$$

Вследствие неизбежного дрейфа параметров r и r' , характеризующих удельное сопротивление фильтроткани, в работе предложен алгоритм непрерывного уточнения модели (4), основанный на известном в математической статистике методе максимального правдоподобия.

Как видно, рассмотренный алгоритм оптимального адаптивного управления ориентирован на обеспечение максимальной производительности собственно процесса фильтрования и обеспечивает выполнение следующей цели управления:

$$q_T \rightarrow \max, \quad (6)$$

Очевидно, данный алгоритм не обеспечивает оптимальное взаимодействие процесса фильтрования с процессами дешламации и окомкования.

Анализ существующих САУ показал, что в настоящее время отсутствуют приемлемые технические решения для управления процессом фильтрования согласно (1). Вместе с тем, очевидно, что управление данным технологическим процессом на основе одной локальной САУ затруднительно. Учитывая особенности процесса фильтрования, целесообразно разрабатывать систему автоматического управления двумя параметрами одновременно (производительностью и влажностью кека) с использованием принципов оптимальности и адаптивности.

Функционирование оптимальной адаптивной САУ основано на получении достаточной информации об основных возмущающих воздействиях и поиске наилучших законов управления по имеющимся данным о свойствах объекта. Зависимость оптимальных управляющих воздействий от возмущений при их изменении может формироваться в процессе управления путём однократных оптимизационных расчётов и в явной форме не предоставляться, а также может формироваться на основе заранее полученной модели [6]. Результаты управления используются для корректировки модели объекта.

Несмотря на значительное количество работ, посвященных как общим вопросам фильтрования суспензии в горно-обогачительной промышленности, так и отдельным типам вакуум-фильтров [7-11], задачу построения математиче-

ского описания этого важного передела для его автоматизации нельзя считать решенной. Математическая модель вакуум-фильтра непрерывного действия, пригодная для указанной цели, должна содержать зависимость основных технологических показателей процесса (производительности, влажности осадка, уноса твердого с фильтратом) от важнейших контролируемых величин (давления фильтрования, частоты вращения дисков или барабана, содержания твердого в ванне фильтра). Такая модель неизбежно должна содержать также некоторые параметры, зависящие от неконтролируемых факторов (гранулометрического состава питания, расслоения суспензии, износа фильтроткани и т. п.) и потому подверженных дрейфу.

Таким образом, технологический процесс фильтрования относится к сложным системам с неполным контролем возмущающих факторов, а потому и с неясными связями между его параметрами. Это делает практически невозможным получение пригодных для эффективного управления традиционных аналитических зависимостей выходных параметров от входных.

Наличие неопределенной или нечеткой информации, которая не может быть интерпретирована в вероятностных терминах, приводит к тому, что традиционные количественные методы, используемые в теории автоматического управления, являются недостаточно адекватными. В результате появляются трудности в идентификации математической модели и формировании алгоритмов управления на основе классических методов вариационного исчисления и динамического программирования. Один из способов их преодоления состоит в использовании нечетких понятий и знаний, проведении операций с использованием нечетких логических правил и в получении на их основе нечетких выводов, на базе которых формируются алгоритмы управления [12].

В связи с этим для управления процессом фильтрования перспективным является применение подхода нечёткого логического вывода. Нечеткая логика основана на эмпирике (опыте) оператора, а не на понимании внутренностей системы, и поэтому вводит простой, основанный на правилах вида IF X AND Y THEN Z подход к решению проблемы управления вместо попыток смоделировать систему математически.

В настоящее время наиболее развитыми возможностями влияния на динамику процесса обладает структура нечёткой системы управления с многоканальной системой контроля состояния объекта управления. Кроме того такие системы обладают широкими возможностями в области адаптивного регулирования, т.е. улучшения качества регулирования в режиме «реального времени». Здесь могут быть созданы самоорганизующиеся контроллеры, которые посредством модификации параметров регулятора оптимальным образом настраиваются на управляемый процесс.

Основой данных методов адаптивного регулирования является нейронная сеть [13]. Нейронная сеть также как и нечеткая логика не требует полноты знаний об объекте управления. На основе обучения с использованием входных и заданных данных она может аппроксимировать произвольный закон управления.

Основным недостатком представленных подходов является требовательность к вычислительным мощностям системы управления. Однако он может быть преодолен путём использования ассоциативной памяти, когда заранее просчитываются все возможные варианты входных значений и соответствующее им выходное управляющее значение. Такой подход использует очень быстрый поиск, что существенно сокращает вычислительное время, хотя и задействует большой объем информационных ресурсов вычислительных средств.

Выводы. Известные САУ процессом фильтрования не обеспечивают согласованную работу вакуум-фильтров с предшествующим и последующим технологическим оборудованием. Многоканальность и неопределённость взаимосвязей между входными, выходными переменными и состоянием фильтровального оборудования практически исключают возможность получения адекватной аналитической модели данного процесса и её использование для решения задач оптимального управления. Одним из возможных путей совершенствования САУ в этих условиях является представление процесса фильтрования как многосвязного объекта с нечеткими параметрами и формирование базы знаний о закономерностях технологического процесса. Применение нечёткой логики совместно с нейронными сетями позволит преодолеть принцип несовместимости сложности технологической системы и ее моделирования с помощью известных математических выражений и обеспечит возможность адаптации и оптимизации параметров управляющих структур по заданным критериям.

Список литературы

1. Харитонов О.О., Пархоменко Р.О., Аніськов О.В. Шляхи зниження електроспоживання дробильно-збагачувальним комплексом ВАТ «ПівніГЗК»// Вісник КТУ. Збірник наукових праць. – 2011. – № 29 – С.223-226.
2. Иоффе В.М., Леонов С.Б. Особенности циркулирующей нагрузки в схеме обезвоживания магнетитового концентрата и её влияние на процесс обесшламливания// Изв.вузов. Горный Журнал.-1983.- №9.-С.114-117.
3. Лотош В.Е. Безобжиговое окучивание тонкодисперсных материалов и мелочи полезных ископаемых. Екатеринбург: ИД «Филантроп», 2009. – 525 с.
4. Гольдберг Ю.С., Гонтаренко А.А. Обезвоживание концентратов черных металлов. - М.; Недра, 1986. - 184 с.
5. Дейч В.Г., Стальский В.В., Стороженко С.В. Оптимальное адаптивное управление процессом фильтрования суспензий// Изв.вузов. Горный Журнал.-1983.- №3.- С.94-98.
6. Барский Л.М., Козин В.З. Системный анализ в обогащении полезных ископаемых. – М.: Недра, 1978. – 486 с.
7. Леонов Р.Е., Щеклеина И.Л. Математическое описание дискового вакуум- фильтра// Изв.вузов. Горный Журнал.-1981.- №12.- С.91-94.
8. Дейч В.Г., Стальский В.В., Стороженко С.В. Математическая модель дискового вакуум-фильтра// Изв.вузов. Горный Журнал.-1985.- №8.- С.109-111.
9. Венгер М.И., Дейч В.Г., Стальский В.В., Стороженко С.В. Построение и параметрическая идентификация математических моделей процессов фильтрования суспензий// Изв.вузов. Горный Журнал.-1987.- №12.- С.102-105.
10. Дейч В.Г., Стальский В.В., Цай А.Г. Оптимальное управление процессом фильтрования суспензии// Изв.вузов. Горный Журнал.-1980.- №2.-С.91-95
11. Дейч В.Г., Стальский В.В., Цай А.Г. Оптимальное управление отделением обезвоживания обогатительной фабрики// Изв.вузов. Горный Журнал.-1980.- №12.-С.81-87.

12. Пупков К., Егупов Н., Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления, Москва: МГТУ им Н. Э. Баумана, 2001.

13. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л., Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы, Москва: Горячая линия - Телеком, 2006.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ткачовим В.В.
Надійшла до редакції 16.10.2012*

УДК 004.77, 004.91

© С.С. Костелов, Л.М. Маркіна

МОЖЛИВОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ БІБЛІОТЕЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Проаналізовано можливості інтеграції системи автоматизації бібліотечної діяльності у вищих навчальних закладах, на прикладі бібліотечної бази Луцького національного технічного університету. Складено опис можливих засобів та методів, а також запропоновано концептуальну структуру мережевого рішення поставленої задачі.

Проанализировано возможность интеграции системы автоматизации библиотечной деятельности в высших учебных учреждениях, по примеру библиотечной базы Луцкого национального технического университета. Составлено описание возможных средств и методов, а так же предложена концептуальная структура сетевого решения поставленной задачи.

The possibility on integration automation of library activities in higher education institutions, following the example of a Lutsk National Technical University library database. Compiled by the description of possible means and methods, as well as the conceptual structure of the network to solve this problem.

Вступ. На даний час рівень розвитку демократичної держави тісно пов'язаний з можливістю проникнення інформаційних технологій в усі сфери життя суспільства. І, в першу чергу, це стосується освіти і науки.

Вирішення проблеми інформатизації вищої освіти йде поетапно. Перші кроки в цій галузі характеризуються появою не тільки реально функціонуючої електронної пошти в навчальному закладі, електронних навчальних курсів, підготовлених кафедрами, сучасних комп'ютерних класів і наявністю автоматизованої бібліотечної системи, розрахованої на нові форми передачі та зберігання інформації. Бібліотека перетворюється з складу літератури в інформаційний центр, який здійснює оперативний доступ не тільки до друкованих видань, а й до всього різноманіття інформаційних ресурсів. Отже, розглянемо можливість інтеграції системи автоматизації бібліотечної діяльності на базі Луцького національного технічного університету.

Постановка завдання. Ефективна автоматизована бібліотечно-інформаційна система передбачає наявність загально-бібліотечної мережі, що охоплює всі підрозділи бібліотеки та наявності єдиної інтегрованої інформаційної системи з адаптивною базою даних, що забезпечує комплексну автоматизацію основних інформаційно-бібліотечних процесів при використанні єди-