

УДК 622.3.338.3

**Л.П. Волкова, П.Ю. Панкрушин**

## **ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СТРУГОВЫМ АГРЕГАТОМ В УСЛОВИЯХ НЕПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ ШТРЕКОВ**

*Рассмотрены перспективы совершенствования управления струговыми агрегатами в аспекте решения задачи перехода к технологии добычи угля без постоянного присутствия человека в очистном забое. Отмечены особенности адаптивных систем целенаправленного поведения и самоорганизующихся систем. Обосновывается возможность применения нейронных сетей для управления струговым агрегатом в условиях непараллельности штреков.*

*Ключевые слова:* струговые агрегаты, безлюдная выемка угля, управление в плоскости пласта, самоорганизующиеся системы, нейронные сети.

**В** настоящее время по-прежнему актуальной остается задача перехода к технологии добычи угля без постоянного присутствия человека в очистном забое. Решение этой задачи связано с необходимостью совершенствования очистных комплексов, автоматизацией технологических операций в забое. В этих аспектах перспективной становится фронтальная поточная технология выемки угля с применением угледобывающих агрегатов[1]. Такая технология характеризуется тесной конструктивной увязкой в одно целое специальных машин и механизмов, созданных с целью полной механизации основных и вспомогательных процессов, совмещения их во времени и по длине очистного забоя и обеспечения однооперационного характера работы. Передвижение агрегата в плоскости пласта обеспечивает подачу исполнительного органа на забой. В связи с тем, что агрегат движется на забой фронтально, имеет значительную протяженность по длине лавы и состоит из элементов с индивидуальными приводами, увязанных между собой кинематически и конструктивно, движением

его в плоскости пласта необходимо управлять. Причем, при работе автоматизированных комплексов и агрегатов с дистанционным или автоматическим управлением их передвижения по угольному пласту важной является проблема управляемости. Для направленного передвижения агрегата в плоскости пласта необходимо средство задания направленности движения. Таким средством является база агрегата. Изменение гипсометрии почвы пласта по лаве вызывает изменение её длины. Непараллельность и кривизна штреков тоже изменяют длину лавы, а компенсация несоответствия длины лавы и агрегата осуществляется изменением его положения в плоскости пласта. Наибольшая маневренность агрегата в плоскости пласта достигается при управлении с изменением прогиба базы [2, 3].

Средства управления движением агрегата состоят из трёх функциональных элементов: средств управления в плоскости пласта, средств управления по гипсометрии пласта и средств управления по мощности. Эти элементы представляют собой обособленные подсистемы и являются в

очистном агрегате связями между его функциональными машинами. Увязка всех элементов осуществляется через базу. Передвижение агрегата в плоскости пласта является главным и измеряется вдоль выемочного столба сотнями и тысячами метров, а движение по гипсометрии и по мощности пласта гораздо менее значительно [1].

Подсистема управления агрегатом в плоскости пласта состоит из: опорного механизма секции крепи, системы поддержания прямолинейности базы и режущей части исполнительного органа, обрабатывающей грудь забоя. Эта подсистема передвигает агрегат в плоскости пласта и взаимодействует со средой через опорные механизмы и исполнительный орган. Выходными параметрами этой подсистемы являются глубина резания исполнительным органом по забой и параметры положения агрегата в плоскости пласта: угол между пролётами базы, прогиб базы и угол встречи осей базы и штрека. Входным параметром этой подсистемы является управляющее воздействие на систему поддержания прямолинейности. Система управления агрегатом в плоскости пласта представляет собой гидравлическую следящую дроссельную систему, состоящую из управляющего элемента, ведомых звеньев следящего гидропривода и ведущих звеньев гидропривода [2, 3].

В процессе перемещения базы агрегата на забой из-за различных возмущающих воздействий происходит нарушение прямолинейности управляющего элемента, образуется угол рассогласования между его секциями, который является информацией о состоянии положения базы, а также сигналом для восстановления её прямолинейности. Через обратную связь данный сигнал передаётся на регулятор потока жидкости. В регуляторе

потока изменяется проходная щель, изменяя расход жидкости, подаваемой в поршневую полость гидроцилиндра, что приводит, в свою очередь, к изменению скорости перемещения соответствующей секции управляющего элемента и восстановлению прямолинейности базы на данном участке [2, 3].

В МГТУ разработана гидравлическая следящая система поддержания прямолинейности для реализации управляемого движения агрегата в плоскости пласта [1]. В системе в качестве общего задающего устройства для всех следящих гидроприводов используется специальная управляющая линейка, проложенная по всей длине лавы. Таким образом, технологически в конструкцию агрегата заложены принципы непрерывной выемки угля. Однако из-за непараллельности и кривизны штреков значительное количество времени тратится на работы по выравниванию агрегата относительно штреков, на ликвидацию несоответствия ширины обрабатываемого столба полезного ископаемого и длины агрегата [2,3]. Поэтому необходимо усовершенствование схемы управления агрегатом в плоскости пласта в направлении создания режимов работы, позволяющих ликвидировать простои очистной машины при демонтаже концевых секций агрегата для прохождения сужений выемочного пространства. Для этого целесообразным является анализ решений сходных проблем, связанных с управлением техническими объектами в параллельных областях.

Известно, что адаптивные самоприспосабливающиеся системы целенаправленного поведения, способные оценивать ситуации с постановкой текущих задач, с принятием и реализацией решений, представляют собой

технические самоорганизующиеся системы. Они способны в автоматическом режиме изменять как алгоритмы функционирования, так и структуры, что проявляется в изменении способов функционирования и внутренних состояний. В робототехнике решение сходной проблемы осуществляется путем моделирования как мыслительных процессов человека на уровне принятия решения, так и моделирования реализации этого решения на поведенческом уровне. При этом информация обоих уровней отображает, в целом, динамику процессов самоорганизации (саморегуляции) организма при взаимодействии его с изменяющейся недетерминированной средой [4]. Здесь моделируется одно из замечательных свойств естественного интеллекта – возможность предвидения развития цепи событий, как результата действий различных сил в неопределенной среде на основе оценки результата их взаимодействия. При этом силы, которые являются активными участниками событий, остаются неизвестными как векторные величины в течение всего процесса формирования прогноза. Как формулируется в [4], «сущность процесса прогнозирования – в формировании тактильного (по происхождению) образа фактических закрепощений виртуальных перемещений объекта (ОЗВП), — образа физической, в сущности, ситуации, а не геометрического образа его формы...»

Перспектива развития комплексов для подземной безлюдной выемки угля может быть связана с созданием не только роботизированных и интеллектуализированных устройств, но и самоорганизующихся систем, управление которыми связано с изменением действующих на них внешних факторов. При создании таких систем си-

нергетический эффект может достигаться за счет применения принципа соподчиненного управления, реализующего фактически механизм причинно-следственной связи в интеллектуальных вычислительных системах [5].

При создании роботизированных угледобывающих комплексов, достаточно адаптированных к тяжелым условиям выемки угля, необходимо одновременное использование возможностей программного и аппаратного обеспечения. В этом случае просмотр вариантов управления в соответствии с совокупностью информационных потоков, предоставляемых аппаратурой обратной связи с объектом в реальном времени, может осуществляться за счет программного обеспечения. Кроме того, в алгоритм могут вноситься при этом изменения, реализуя различные стратегии поиска оптимального режима управления. Проблемы распараллеливания поиска здесь могут быть особенно острыми в связи со сложностью условий работы угледобывающих машин [5]. Сокращение затрат на вычисления при межпроцессорном обмене может быть достигнуто за счет дифференциации уровней поиска. Окончательные просчеты возможных вариантов управления при необходимости могут осуществляться аппаратно. Решающую роль в конечном итоге играет способность всей системы оценить текущую ситуацию и скорректировать веса отдельных показателей в соответствующую оценочную функцию. В целях достижения уровня самоорганизации интеллектуальных систем важно формирование прогноза [4]. Структура и особенности функционирования информационного инструментария формирования прогноза определяются необходимостью прогнозирования

развития ситуаций. Причем прогнозирование развития ситуаций осуществляется через оценки будущих событий; При формировании процесса прогнозирования необходимо переходить от примитивных уровней прогнозирования к более высоким, в том числе в недетерминированных исходных условиях [4]. Выбор конкретного метода прогнозирования тесно связан с целью исследования, спецификой информации и его реализацией. Одной из наиболее перспективных реализаций являются нейронные сети.

Системы управления с обратной связью предназначены обеспечить определенный режим работы объекта управления, заменяя человека-оператора. Таким образом, они тоже обладают в какой-то мере способностью к «мышлению». Поэтому под термином «управление» подразумевают определенную форму интеллекта. Норберт Винер рассматривал все живые и неживые системы как информационные системы и системы с обратной связью, а такие науки, как теория управления, теория информации и теория нейронных систем, считал разделами одной науки – кибернетики [6].

Исследования режимов работы добычных машин, работающих в сложных горно-геологических условиях, а также анализ разработок в области самонастраивающихся систем управления позволяют искать новые способы реализации оптимальных режимов управления струговыми агрегатами и установками. Эта задача становится еще более актуальной при рассмотрении перспектив развития комплексов для безлюдной выемки угля, принципы управления которыми могут быть построены с использованием постоянно изменяющихся внешних факторов, воздействующих на систему управле-

ния [7], а также с учетом внутренней динамики системы, которая является отражением внешних воздействий.

В настоящее время широкое распространение для целей управления получили нейронные сети, которые в своей основе являются нелинейными системами и поэтому пригодны для решения задач управления, связанных с наличием нелинейных характеристик. Нейронные сети, благодаря своей способности к обучению, позволяют обойтись без сложного математического аппарата, который необходим в случае применения методов адаптивного и оптимального управления. Но главным преимуществом нейронных сетей является возможность реализации нелинейных характеристик за счет включения сигмоидных функций активации в скрытые слои нейронов многослойных нейронных сетей [6, 7]. При этом формальная постановка задачи  $P$  включает множество исходных данных  $D$  и множество объектов  $R$ , подлежащих определению. Процесс решения задачи представляется как функционирование во времени некоторой динамической системы, на вход которой подается множество  $D$ , а на выходе снимается множество  $R$ . Для построения такой системы необходимо определить объекты, выступающие в роли входных и выходных (само решение или его характеристика) сигналов нейросети. Кроме того, необходимо определить тип и структуру сети: число слоев, связи между слоями и весовые коэффициенты на входах нейронов входного и скрытых слоев [7]. Дальнейшие действия предполагают определение функции ошибки (отклонение желаемого выхода от действительного), определения критерия качества системы и функционала ее оптимизации, зави-

сящего от ошибки. Определить значения весовых коэффициентов можно аналитически (из постановки задачи), с помощью численных методов, а также применив процедуру настройки коэффициентов нейронной сети. После обучения сеть способна генерировать некоторый отклик на основе неизвестных ей ранее входных данных той же природы, что и обучающее множество. При этом природа входных и выходных данных может быть различной, причем в качестве входных данных могут поступать сразу несколько наборов векторов с различной информацией [8].

Теория нейронных сетей затрагивает вопросы теории управления и параллельных вычислительных алгоритмов. Практика применения нейронных сетей показывает, что они наиболее эффективны в тех областях, где формализация вычислительного процесса невозможна. Одним из преимуществ нейронных сетей является их способность генерировать нелинейную модель процесса на основе результатов обучения сети.

Таким образом, нейронная сеть представляет собой адаптивную систему, жизненный цикл которой состоит из двух независимых фаз — фазы обучения сети и фазы работы сети. Обучение считается законченным, когда сеть правильно выполняет преобразование на тестовых примерах и дальнейшее обучение не вызывает значительного изменения настраиваемых весовых коэффициентов [8].

Нейронная сеть учится выполнять преобразование на основе ряда предьявляемых примеров, при этом сложно проинтерпретировать ту «формальную модель», которая формируется в настраиваемых весовых коэффициентах нейронной сети после обучения.

Обучение нейронной сети, применяемой для управления струговым агрегатом в условиях непараллельности штреков, может осуществляться при наличии предварительной информации. Для этой цели, например, может быть использована информация о непараллельности штреков, имеющаяся после выполнения проходческих работ.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на решение актуальной задачи автоматизации процесса подземной выемки угля, особенно из пластов средней мощности и тонких пластов с большой глубиной залегания. Условия работы шахтеров здесь особенно тяжелые, а перспективы реализации безлюдной выемки угля особенно важны. Возможности такой реализации связаны с применением струговых агрегатов и установок и созданием на их основе автоматизированных выемочных комплексов [1, 2, 3, 5, 9].

Наиболее серьезные проблемы при эксплуатации фронтального агрегата связаны с необходимостью эффективной работы в условиях непараллельности штреков. В этой связи актуальной является задача визуализации процесса прохождения агрегата вдоль штреков по мере подвигания линии забоя для управления «изгибом» агрегата с целью слежения за непараллельностью штреков [2, 3].

Анализируя в изложенных здесь аспектах режимы работы струговых агрегатов и проблемы управления, связанные с этим, можно сделать следующие выводы.

Наибольшая маневренность агрегата в плоскости пласта достигается при управлении с изменением прогиба базы. При управлении движением стругового агрегата в плоскости пласта входным параметром подсистемы управления агрегатом в плоскости пласта является управляющее воздей-

ствии на систему поддержания прямолинейности, которое должно формироваться с учетом информации о непараллельности штреков.

Целесообразным является интеллектуальное управление и создание самоорганизующихся систем, что становится еще более актуальным в свете проблем безлюдной выемки угля. Важным компонентом процессов самоорганизации интеллектуальных систем является прогнозирование развития ситуаций через оценки будущих событий. Структура и особенности функционирования ин-

формационного инструментария формирования прогноза определяются свойствами объекта управления.

При реализации информационного инструментария формирования прогноза возможно применение нейронных сетей, причем при обучении нейронной сети должна использоваться предварительная информация о непараллельности штреков. Для этой цели может быть использована информация о непараллельности штреков, которая имеется после выполнения проходческих работ.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кантович Л.И., Пастоев И.Л. Проблема управляемости автоматизированных агрегатов и комплексов при работе на пологих пластах без присутствия людей в забое. (Труды научного симпозиума «Неделя горняка –2010») – Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2010, отдельный выпуск №1, с. 410 – 420.
2. Пастоев И.Л. Структура и функции системы передвижения очистного агрегата по пласту полезного ископаемого. Известия вузов. Горный журнал. № 11, 1985.
3. Панкрушин П.Ю. Разработка программы расчета параметров при управлении фронтальным струговым агрегатом в плоскости пласта. (Труды научного симпозиума «Неделя горняка –2011») – Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2011, отдельный выпуск №6 «Информатизация и управление», с. 631–644.
4. Тимофеев А.И. Об информационных процессах самоорганизации (на примере технической модели – системы захвата). Научный Центр междисциплинарных исследований МАН (Русская секция), Москва. Вестник Международной Академии наук, 2007. № 1.
5. Волкова Л.П. Перспективы применения информационных технологий при создании роботизированных комплексов для выемки угля. — В acad. сб. науч. трудов «Проблемы характеризационного анализа и логического управления. – М., 1999 г.
6. Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсоф. Нейроуправление и его приложения. Серия «Нейрокомпьютеры и их применение». Книга 2. М.: Издательское предприятие редакции журнала «Радиотехника», 2000.
7. Волкова Л.П. О применении интеллектуальных технологий в системах управления электроприводом струга. В журнале «Информационная математика», № 1, 2005.
8. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. Серия «Нейрокомпьютеры и их применение». Книга 1. М.: Издательское предприятие редакции журнала «Радиотехника», 2000.
9. Бурчаков А.С. Анализ принципов технологий подземной добычи угля без присутствия людей под землей. – М., МГИ 1978. **ИДAS**

---

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Волкова Людмила Петровна — кандидат технических наук, доцент, Volkova\_LP@mail.ru,  
Панкрушин Петр Юрьевич — преподаватель, aldamor@mail.ru,  
Московский государственный горный университет.

