

## **ЗАДАЧИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГРУЗОВ КАНАТНЫМИ НАПОЧВЕННЫМИ ДОРОГАМИ ТЯЖЕЛОГО ТИПА**

Сформированы основные задачи систем автоматизированного управления процессами транспортирования грузов канатными напочвенными дорогами тяжелого типа.

Сформовані основні задачі систем автоматизованого управління процесами транспортування вантажів канатними надгрунтовими дорогами важкого типу.

Basic tasks are formed of the systems of the automated process control of portage of loads by the funicular napochvennimi roads of heavy type.

Специфической особенностью горного производства является динамичность – непрерывное воспроизводство подготовительных и очистных забоев, постоянно перемещающихся в пространстве. При подготовке запасов угля у границ шахтных полей и в зонах геологических нарушений практически все время приходится иметь дело с прогнозированием структуры и поведением систем вспомогательного транспорта. Вспомогательный транспорт угольных шахт Западного Донбасса, осуществляющих выемку угля столбами по падению-восстанию, представлен рельсовыми видами и характеризуется множеством операций. Так, в состав технологии рельсового транспорта входят такие технологические операции как погрузка и разгрузка вагонеток, откатка породы аккумуляторными электровозами по горизонтальным выработкам и канатные откаты по наклонным, обмен груженых составов вагонеток на порожние и др. Для управления транспортно-технологическими процессами используется большой объем разнообразных средств автоматизации.

Основными задачами автоматизированных систем управления на рельсовом транспорте угольных шахт являются: повышение пропускной способности подсистем внутришахтного транспорта; снижение энергозатрат на перемещение грузов по подземным горным выработкам; повышение безопасности и безаварийности средств транспорта; уменьшение числа обслуживающего персонала, облегчение труда и контроль безошибочности его действий; своевременная выдача технологической и технико-экономической информации о состоянии транспорта и др.

Канатные напочвенные дороги нового поколения типа ДКНП-1,6 являются разновидностью средств рельсового транспорта и снабжены аппаратурой дистанционного управления АДУ-1.1М, предназначенной для управления шахтными подъемными установками, оборудованными подъемными машинами, эксплуатируемыми в подземных выработках угольных и сланцевых шахт, опасных по взрыву газа и пыли. Проектом предусматривалось, что принятая система управления должна обеспечивать дистанционное и визуальное управление процессами транспортирования грузов при проведении протяженных прямолинейных подземных выработок.

При эксплуатации в прямолинейных выработках аппаратура АДУ-1.1М обеспечивает выдачу сигналов с пульта управления ППМ.1.1.М на дистанцион-

ное управление разгоном и замедлением электрического привода подъемной установки, оборудованного жидкостным реостатом, а также работой привода рабочего тормоза. Аппаратура визуального контроля обеспечивает контроль за положением состава в выработке, давлением в тормозной системе, за величиной скорости движения состава, а также за выдачей команд при помощи кнопочных элементов и выключателей.

Необходимо отметить, что принятая проектом в конструкции ДКНП-1,6 система управления АДУ-1.1М была разработана более тридцати лет назад и вполне отвечала эксплуатационным показателям и требованиям того времени, т.е. предусматривала дистанционное управление процессами транспортирования грузов в протяженных прямолинейных подземных выработках. В настоящее время, когда дорабатываются запасы угля у границ шахтных полей, а также в условиях активного пучения пород почвы и обильных водопротоков, по технологическим причинам значительно увеличилось количество подземных выработок, криволинейных в профиле и плане. В этой связи управление режимами работы канатной напочвенной дороги осуществляется в условиях неопределенности. И по этой причине были выявлены тяжелые условия взаимодействия тягового органа (каната) с линейными элементами дороги (блоками, шкивами, роликами), что приводило к их повреждению, нарушению режимов работы транспортно-технологической системы и существенным затратам (до 300,0 тыс. грн. в год) на замену вышедших из строя узлов.

Учитывая тот факт, что на данный период напочвенные канатные дороги типа ДКНП-1,6 являются основным транспортным средством при проведении подготовительных выработок в сложных горно-геологических условиях, в целях совершенствования действующей системы управления АДУ-1.1М, была проведена оценка режимов работы ее аналогов при управлении процессами перемещения грузов альтернативными средствами транспорта, традиционно применяемыми на шахтах Западного Донбасса.

В процессе формирования программы исследований были проанализированы эксплуатационные параметры ДКНП-1,6, шахтных локомотивов, одноконцевых канатных установок, монорельсовых дорог, а также характер работы действующих систем управления транспортными средствами и существующий опыт передачи информации по контактной сети, по высокочастотному каналу, радиоканалу и с использованием рельсовых путей в качестве телемеханического канала.

Например, для дистанционного управления аккумуляторными электровозами разработана система СТАРТ-1, с помощью которой обеспечивается двусторонний обмен информацией между электровозными и путевыми приемопередатчиками. Для передачи на электровоз на частоте 72 кГц используются четыре модулированных по амплитуде сигнала, для передачи с электровоза на частоте 150 кГц – два модулированных по амплитуде сигнала.

Сигналы принимаются рамочными антеннами и поступают на вход приемников со следующей структурой: усилитель на микросхеме, полосовой фильтр, амплитудный детектор, усилитель низкой частоты, частотные избиратели (пороговые устройства) с выходными реле. Передающий шлейф обычно прокладывается по шпалам рельсового пути на расстоянии 15 – 20 см от подошвы рельсов.

В состав комплекса СТАРТ-1 входят: аппаратура пункта управления, поддерживающая пульт управления, мнемосхему, устройства расшифровки сигналов и

разделения цепей; аппаратура сигнализации и блокировки путевого участка, состоящая из путевых датчиков, светофоров, блока блокировки маршрутов, устройства задания и блокировки маршрутов; аппаратура обмена информацией между электровозом и путевыми устройствами автоматики; аппаратура автоматического управления аккумуляторным электровозом.

Система СТАРТ-1 обеспечивает: дистанционное управление электровозом на погрузочном пункте, при котором машинист выполняет функции оператора погрузки; автоматическое управление движением поездов без машинистов в магистральных выработках и дистанционное – в местах погрузки, при этом задание и контроль маршрутов выполняются оператором пункта управления, путевую сигнализацию и блокировку на стрелках путевых участков при запросе машинистом маршрута движения, централизованный контроль местонахождения поездов, контроль занятости участков пути с помощью мнемосхемы путевого развития, централизованное управление и контроль за движением поездов.

Основным недостатком тиристорной схемы управления является наличие пульсаций тока, что ухудшает режим работы тягового двигателя.

Автоматизированное управление приводом электровозов АРП-14, АРП-28 осуществляется аппаратурой ТЭРА-1, которая обеспечивает: плавный разгон и регулирование скорости электровоза; плавное электродинамическое торможение электровоза, ограничение тока тяговых двигателей при их пуске и торможении; регулирование скорости движения с исключением пробуксовки электровоза, измерение и индикацию скорости движения электровоза, управление рельсовыми тормозами, освещением, сигнализацией, переводом стрелок; блокировки и другие функции.

Для управления стрелочными переводами можно использовать несколько типов привода: электромеханический, электромагнитный (соленоидный), гидравлический и пневматический. Наиболее широкое применение получил привод моторный стрелочный ПМС-4. Привод имеет встроенные концевые выключатели для управления и сигнализации о положении стрелки. Привод ПМС-4 обычно входит в состав аппаратуры автоматизации.

Комплекс НЭРПА-1 предназначен для управления стрелочным переводом из кабины машиниста движущегося электровоза, при этом обеспечивается перевод стрелки машинистом из кабины движущегося электровоза путем частотного управления. Полный комплект устройств НЭРПА, кроме управления стрелочными переводами, обеспечивает автоматическое считывание информации о номере электровоза, направлении его движения, выдачу сигналов управления с движущегося электровоза вентиляционными дверями, схемами СЦБ.

Канатные откаты применяют на шахтах в выработках с углом наклона более  $6^\circ$ , при котором обратное движение вагонеток происходит под действием собственного веса. Наклонные выработки чаще всего проходят по пласту угля, поэтому профиль пути имеет переменный угол. Нагрузка на двигатель лебедки изменяется в широких пределах и зависит от профиля пути и степени загрузки вагонеток. В качестве привода лебедок канатных откаток используют асинхронный двигатель с фазным ротором. Регулирование скорости достигается за счет изменения активного сопротивления в роторной цепи с помощью жидкостных или металлических реостатов.

Схемы автоматизации одноконцевой канатной откатки должны обеспечивать выполнение заданной диаграммы скорости подъема или спуска при изме-

нении нагрузки от 20 до 130 % номинальной. Во время основного рабочего цикла задаются две скорости: максимальная – 3...5 м/с и малая – 0,5 м/с. Малая скорость используется при вытягивании вагонеток с приемного горизонта и при прохождении закруглений. При прохождении вагонеток по промежуточным стрелкам максимальная скорость снижается на 50 %. Такая же скорость принимается при подъеме и спуске людей, оборудования.

Устойчивая малая скорость достигается за счет работы двигателя лебедки на искусственной характеристике с регулируемым механическим подтормаживанием. Для такого подтормаживания электрогидропривод (ЭГП) рабочего тормоза подключается в цепь ротора двигателя лебедки, и, получая питание пониженной частоты, уменьшает свои обороты, что приводит к опусканию под действием груза рабочего тормоза и затормаживанию. Однако чрезмерное снижение скорости двигателя лебедки дает увеличение частоты напряжения в роторе, что приводит к увеличению оборотов ЭГП и уменьшению тормозного момента. После нескольких таких колебаний устанавливается малая скорость откатки порядка 0,5 м/с. Когда надо перейти к разгону лебедки, привод ЭГП подключается к статору лебедки, получая питание частотой 50 Гц и развивая нормальную частоту вращения, растормаживает лебедку.

Управление лебедкой выполняет оператор с верхней приемной площадки с учетом кодовых звуковых сигналов, подаваемых с нижних горизонтов. Канатные откатки являются источником повышенной опасности, поэтому предусматривается ряд автоматических средств, мероприятий и защит в соответствии с требованиями ПБ.

Монорельсовые и моноканатные подвесные дороги предназначены для транспортирования оборудования и людей по участковым безрельсовым и конвейеризированным выработкам с углами наклона разного знака до 25—35°, искривленных в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Для управления подвесными дорогами используется аппаратура УМД. Линия управления может быть выполнена по кабелю или по трем голым проводам. Для предупредительной, кодовой сигнализации и экстренной остановки из любой точки вдоль трассы движения используется трехпроводная кабельная линия. Аппаратура УМД обеспечивает: дистанционное или местное управление реверсивным приводом для монорельсовой дороги и нереверсивным приводом для моноканатной дороги; аварийную остановку из любой точки вдоль трассы движения с блокировкой отключения; защитные отключения привода дороги при уменьшении или увеличении скорости более чем на 25 % номинальной, при затянувшемся разгоне, при обрыве или коротком замыкании линии управления; сигнализацию при недопустимом опускании (подъеме) натяжных грузов, а также при проезде конечных площадок схода.

На основании выполненной оценки методов автоматизированного управления процессами доставки грузов в шахте рельсовыми и монорельсовыми видами транспорта были сделаны следующие выводы.

1. Существующие способы и устройства автоматизированного контроля не обеспечивают оперативное управление процессами транспортирования породы канатными дорогами ДКНП-1.6 в условиях неопределенности.

2. Применяемые на рельсовом транспорте автоматизированные системы управления процессами доставки грузов позволяют диагностировать лишь оп-

ределенную позицию транспортного средства, и не предназначены для комплексной оценки условий взаимодействия их элементов.

3. Незначительное количество известных работ по исследованию гибких тяговых органов посвящены изучению переходных режимов их работы и не рассматривают работу подсистем в нетипичных производственных ситуациях.

4. Теоретические исследования тяговых систем в комплексе с приводом посвящены в основном определению пусковых характеристик приводов шахтных подъемных машин, ленточных и скребковых конвейеров.

5. Нормативная база по оптимизации систем управления технологическими процессами транспортирования грузов в сложных горнотехнических условиях разработки тонких угольных пластов и прогнозированию последствий отказов в работе средств вспомогательного транспорта на данный период находится в стадии разработки.

Вышеизложенные выводы позволили оценить создавшуюся ситуацию в части автоматизации систем управления перемещением грузов рельсовыми видами транспорта в реальных условиях горного производства и сформулировать задачи дальнейших исследований. Сущность перспективных исследований заключается в создании комплексной программы и методики адаптации напочвенной канатной дороги нового поколения в условиях неопределенности, которые предусматривают:

- диагностирование особенностей функционирования элементов дороги в нетипичных условиях эксплуатации;
- прогнозирование возможных производственных ситуаций;
- принятие решений по адаптации напочвенной канатной дороги к реальным условиям среды.

В основу предлагаемого подхода заложена идея, что технология управления процессами транспортирования грузов в условиях неопределенности представляется как трехкомпонентная система «человек-агрегат-среда». В теории игр и статистических решений подобные задачи выделены в класс «игры с природой». В терминах теории игр рассматриваются стратегии природы и стратегии человека (проектировщика).

В целом, рассматривая работу напочвенных канатных в реальных условиях горного производства как динамическую систему «человек-агрегат-среда» и как объект автоматизации можно выдвинуть гипотезу, что задача исследований взаимодействия элементов указанной системы состоит в разработке структурно-логических связей подсистем, управляющих процессами перемещения основных и вспомогательных грузопотоков в шахте, а также шкалы соизмерения организационных, технических и технологических факторов с помощью **«обобщенного критерия адаптации»** системы к нетипичным условиям среды. Такой подход предусматривает состояние элементов транспортно-технологической системы отображать математическими методами и моделями описания технологических процессов, увязанных в пространстве и времени.

На основании выполненного анализа существующих подходов к решению задач управления *сложными* адаптивными системами можно констатировать, *что действующие технологические (производственные, нормативные) требования к системам* управления подвижными составами на магистральном и участковом транспорте отличаются друг от друга и поэтому требуют комплексной оценки

факторов, определяющих эксплуатационные параметры *каждой подсистемы*. В этой связи разрабатываемая модель автоматизированного управления процессами доставки грузов по участковым подготовительным выработкам и шахтным магистралям должна учитывать особенности функционирования грузопотоков в пределах каждой подсистемы и методы их координации.

По результатам исследований технологических схем доставки горной массы от подготовительных забоев до участков передачи грузов на средства магистрального транспорта были определены три зоны движения грузопотоков и характерные для них транспортно-перемещающие процессы и методы их исследования.

Эффективность работы технологических схем внутришахтного транспорта целесообразно оценивать энергозатратами на перемещение грузов по горным выработкам с учетом влияния среды и технологических факторов.

Надежность работы напочвенной канатной дороги и прогнозирование режимов ее работы как системы взаимодействующих элементов – «состав вагонеток-произвольный профиль трассы-тяговый канат-привод» определять путем моделирования характеристик привода в режимах пуска, установившегося движения и торможения в условиях неопределенности.

В соответствии с разработанной структурно-логической схемой настоящих исследований математическую модель функционирования системы управления процессами транспортирования грузов при проведении участковых подготовительных выработок в условиях неопределенности в общем виде можно описать выражением:

$$F = \Phi_{\tau} (\varphi_1, \psi_1, \omega_1, \alpha_1)$$

где  $F$  – обобщенный критерий взаимодействия элементов системы «человек-агрегат-среда»;  $\varphi_{1...n}$ ,  $\psi_{1...n}$ ,  $\omega_{1...n}$ ,  $\alpha_{1...n}$  – соответственно входные параметры подсистем (призобойный транспорт, транспорт груженых составов по проводимой горной выработке, маневровые операции по замене груженых составов на порожние, транспорт порожних составов к забою выработки).

Таким образом, решение основных научно-практических задач систем автоматизированного управления транспортирования грузов канатными напочвенными дорогами тяжелого типа требует на базе указанных выше выводов детального исследования технологических, технических, энергетических и информационных процессов для повышения эффективности и безопасности эксплуатации канатных дорог.

#### Список литературы

1. Ширин Л.Н. Перспективы развития адаптационных систем вспомогательного транспорта в условиях шахт Западного Донбасса /Ширин Л.Н., Посуныко Л.Н., Расцветеев В.А. // Школа подземной разработки: Матер. междунар. научно-практ. конф. – Днепропетровск – Ялта, НГУ, 2007. – 374 с.

2. Расцветаев В.А. Комплексная оценка транспортно-технологических схем комбайнового проведения подготовительных выработок в условиях шахт Западного Донбасса / Расцветаев В.А., Посуныко Л.Н., Дятленко М.Г., Ширин А.Л. // Матеріали V міжнародна науково-практична конференція «Проблеми горного дела и экологии горного производства» (14 – 15 травня 2010 р.) С. 36 – 41.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Слесаревим В.В.  
Надійшла до редакції 17.10.2012*