

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ПОРОДЫ НАПОЧВЕННЫМИ КАНАТНЫМИ ДОРОГАМИ

Выполнено обоснование особенностей структуры автоматизированной системы управления процессами транспортирования породы напочвенными канатными дорогами в подземных выработках сложной рельефной конфигурации.

Виконано обґрунтування особливостей структури автоматизованої системи управління процесами транспортування породи надґрунтовими канатними дорогами в підземних виробленнях складної рельєфної конфігурації.

The ground is executed of features of structure of the automated system of process control of portage of breed by the napochvennimi funicular roads in the underground making of the complicated relief configuration.

При разработке резервных запасов угля, расположенных у границ шахтных полей, длина транспортных магистралей достигает 6–7 км. Резервные запасы преимущественно сосредоточены в зонах влияния тектонических нарушений, высокой обводненности и интенсивного пучения пород почвы. В подобных условиях ведения горных работ своевременный вывоз породы из подготовительных забоев традиционными видами транспорта является трудно решаемой, а в большинстве случаев невыполнимой задачей. Необходимо отметить, что явление пучения пород почвы, характер его проявления и влияние на состояние транспортных выработок до настоящего времени мало изучены и непрогнозируемы. В этой связи условия эксплуатации рельсовых видов участкового транспорта относятся к нетипичным, а процессы транспортирования – в условиях неопределенности, т.е. трудно поддающиеся идентификации и управлению. На шахтах Западного Донбасса при проведении и эксплуатации участковых подготовительных выработок с интенсивным пучением пород почвы технологически рекомендуется применять именно напочвенные канатные дороги (ДКН).

Выпускаемые для горнорудной отрасли модификации напочвенных канатных дорог типа ДКН-3, ДКНЛ и ДКНУ оборудованы приводными станциями на базе асинхронных электродвигателей с фазным ротором. Для управления электроприводом ДКН применяется аппаратура управления шахтными подъемными машинами и лебедками в исполнении РВ образца 60-х годов, которая содержит устаревшие технические решения и не соответствует современным требованиям по безопасности [1].

Следует отметить, что подобные технические решения удовлетворяли требованиям производства при проведении прямолинейных выработок длиной до 2000 м. В настоящее время на шахте «Павлоградская» в качестве единого транспортного средства при проведении выработок испытывается экспериментальный образец напочвенной канатной дороги тяжелого типа ДКНП-1,6 длиной 3360 м с общей кривизной трассы более 360°.

Результаты шахтных исследований эксплуатационных параметров дороги ДКНП-1,6 показали, что эффективность ее работы в значительной степени ограничена надежностью тягового органа и линейных элементов, а также низкими показателями работы автоматизированной системы управления транспортно-технологическими процессами и операциями по перемещению грузов в нетипичных условиях горного производства. К транспортно-технологическим процессам и операциям, кроме процесса транспортирования грузов по подземным выработкам, отнесены технологические процессы по выпуску породы из бункера, операции погрузки и разгрузки вагонов, а также маневровые операции по обмену груженых составов на порожние. В реальных условиях горного производства автоматизированная система идентификации и управления технологическими процессами транспортирования породы в подземных выработках шахты должна представлять собой оперативно-производственную информационно-советующую структуру с автоматизированным управлением основных и вспомогательных операций, осуществляемых под контролем человека.

При проведении выработок, в сложных горно-геологических условиях, из-за несовершенств системы оперативно-производственного управления транспортно-перемещающими процессами регулярно происходят отказы и повреждения линейных узлов, а также технологические нарушения, вызывающие простои напочвенных канатных дорог, обслуживающих подготовительные забои. По результатам анализа эксплуатационных показателей работы 38 проходческих забоев установлено, что на шахтах региона по вине транспорта ежедневные потери проведения подготовительных выработок достигают 0,53–0,8 м/сут., а затраты на замену канатов, линейных элементов дороги (шкивов, роликов) и ликвидацию несовершенств системы оперативно-производственного управления транспортно-перемещающими процессами и операциями составляют более 300 тыс. грн. в год [2].

Целью работы является обоснование структуры и методическое сопровождение модели автоматизированного оперативно-производственного управления транспортно-технологическими процессами и идентифицированными эксплуатационными параметрами напочвенных канатных дорог нового поколения, что обеспечивает снижение удельных энергозатрат и ресурсосбережение при значительной интенсификации процессов перемещения шахтной породы в подземных выработках сложной рельефной конфигурации.

Для снижения энергозатрат на транспортирование грузов в выработках сложной конфигурации и оперативного диагностирования функций, выполняемых ДКНП-1,6, была проведена оценка аппаратуры дистанционного управления АДУ-11М, используемой в конструкции дороги. Шахтными исследованиями установлено, что применяемые на рельсовом транспорте модели автоматизированной идентификации и управления процессами доставки грузов ориентированы на работу транспортного оборудования в типичных производственных ситуациях. В нетипичных условиях эксплуатации, т.е. за пределами своих пороговых значений, обработка экстремальных производственных состояний не предусмотрена. В подобных ситуациях функции управления транспортными средствами выполняет оператор ДКН, который, опираясь на имеющийся опыт

работы, принимает по конкретному технологическому состоянию свои субъективные решения.

По результатам выполненных исследований были предложены технические решения по усовершенствованию структурной схемы автоматизированной идентификации и управления транспортно-перемещающими процессами. Сущность совершенствования структурной схемы заключается в сопровождении процессов транспортирования грузов по подземным горным выработкам информационными потоками, которые передают оператору дороги сигналы об оперативных изменениях положений состава напочвенной дороги, нагрузок в тяговом канате, энергозатратах и прочих производственных ситуациях.

Идея исследования заключается в комплексном учете закономерностей взаимодействия элементов динамической системы *«человек–агрегат–среда»* для эффективного управления процессами транспортирования породы напочвенными канатными дорогами и энергосбережения при эксплуатации их в условиях существенной неопределенности.

Основными задачами действующих автоматизированных систем управления рельсовым транспортом угольных шахт являются повышение пропускной способности подсистем внутришахтного транспорта, а также обеспечение безопасности и безаварийности средств транспорта. При вовлечении в разработку прирезаемых запасов угля, сосредоточенных в зонах геологических нарушений и интенсификации горного производства, возникла необходимость повышения уровня автоматизированного управления транспортно-перемещающими процессами и оперативно-производственного диагностирования функций, выполняемых ДКН в условиях неопределенности.

На рис. 1 приведена модель функционального диагностирования технологической схемы транспортирования породы из подготовительных забоев шахты «Павлоградская» с применением экспериментального образца напочвенной канатной дороги ДКНП-1,6, породного бункера (гезенка) и вагонеток ВД-2,5 с откидными днищами.

Символами А, В, ..., Е отмечены участки повышенной опасности, требующие размещения в их зоне специальных устройств, обеспечивающих информационную *поддержку* оператору ДКН *для принятия решений* и позволяющих вместе с системой автоматизированного управления идентифицировать основные параметры взаимодействия объектов транспортно-технологического комплекса (тягового органа, линейных элементов, подвижного состава, рельсового пути и вмещающих боковых пород).

Базируясь на принципах создания единой информационной базы (комплекса) в зоне F (рис. 1) сосредоточены пульт управления дорогой, камера привода, пункт разгрузки вагонов и породный бункер. Следует отметить, что в условиях неопределенности системный подход к анализу структуры комплекса транспортного оборудования и выполнения, возложенных на него функций должен предусматривать возможность возникновения новых задач управления.

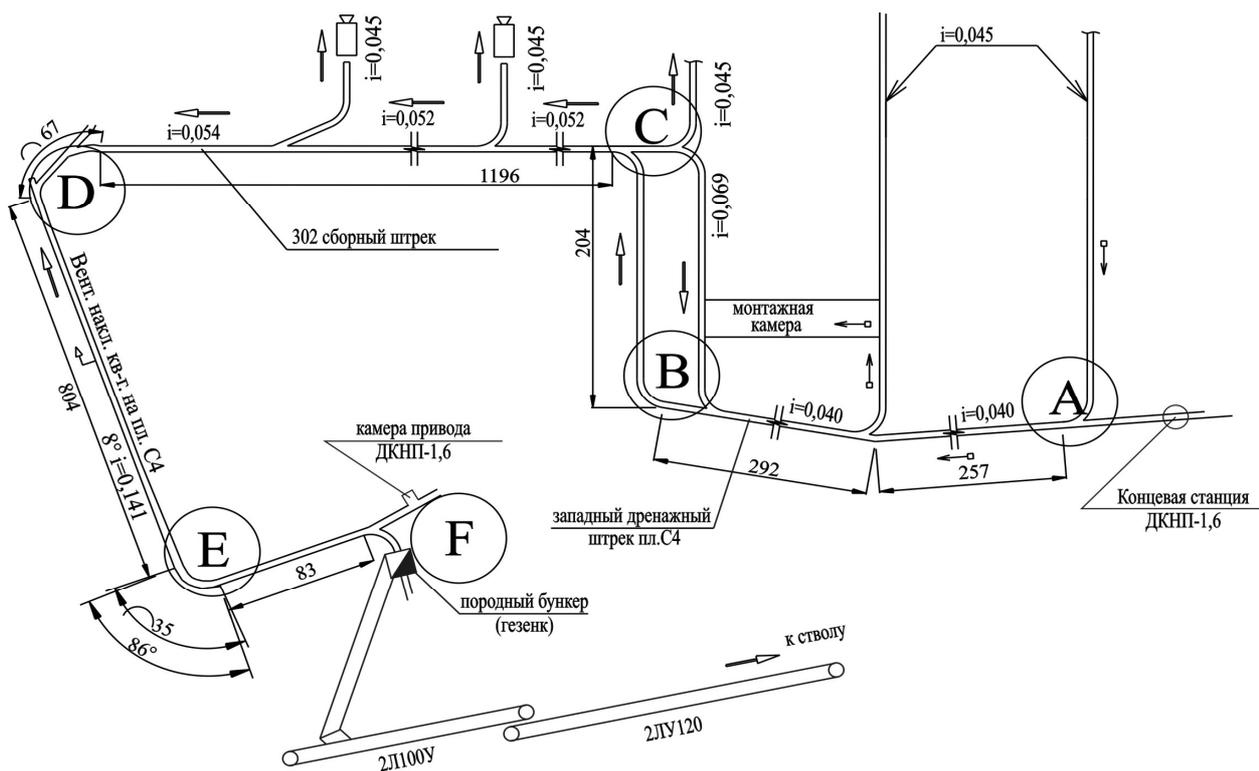


Рис. 1. Модель функционального диагностирования технологической схемы транспортирования породы напочвенной канатной дорогой ДКНП-1,6

В этой связи структура автоматизированной системы оперативно-производственного управления транспортно-технологическими процессами угольной шахты должна быть ориентирована на применение современных средств технического, программного, информационного и организационного обеспечения горного производства. Аналогом может служить опыт эксплуатации Унифицированной телекоммуникационной системы диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами на угледобывающих и шахтостроительных предприятиях (УТАС). Принципы работы системы УТАС могут быть использованы для непрерывного контроля параметров напочвенной канатной дороги и комплекса технологического оборудования, управления транспортно-перемещающими процессами, передачи информации оператору ДКН, ее обработки и отображения [3]. При этом для достижения максимальной эффективности автоматизированной системы управления транспортно-технологическими процессами с применением ДКН нового поколения крайне необходимо решать базовый комплекс технических, технологических и организационных задач.

Шахтными исследованиями установлено, что в условиях существенной неопределенности горнотехнологических состояний продуктивная работа ДКНП-1,6, а также ресурсо- и энергосбережение могут быть достигнуты путем обеспечения оптимального функционирования транспортно-перемещающих процессов и операций как составляющих единого технологического комплекса.

Основу автоматизированного оперативно-производственного управления определяет правильный выбор целей, задач и путей их выполнения.

С учетом вышеизложенного, основными задачами структуры управления в этом случае являются:

– повышение пропускной способности участковых выработок путем внедрения автоматизированной информационно-советующей системы управления параметрами ДКН, которые характеризуют процессы транспортирования породы в подземных выработках сложной конфигурации;

– внедрение методов функционального диагностирования и контроля транспортно-перемещающих процессов и операций (процессы выгрузки породы, заполнения бункера, обмена груженых вагонов на порожние и др.);

– пересмотр схем оперативно-производственного управления грузопотоками породы в различное время суток.

Следует отметить, что каждая из задач фиксирует пороговые значения параметров соответствующих подсистем, которые в свою очередь являются системами, выполняющими определенные функции управления. Например, для повышения пропускной способности участковых выработок центральным звеном автоматизированной информационно-советующей системы ДКН является отражение интенсивности грузопотока, а также оперативное принятие решений в нетипичных производственных ситуациях и возможность быстро перестраиваться на новые алгоритмы управления в экстремальных условиях эксплуатации.

Пропускная способность участковых подготовительных выработок, оборудованных ДКН, определяется временем рейса подвижного состава и количеством вагонов в составе.

Полное время рейса подвижного состава ДКНП-1,6 равно

$$T_p = \frac{2L}{v_{cp}} + t_m + \left(\frac{1}{k_n Q} + \frac{\tau_p}{G} \right) nG, \text{ час.}, \quad (1)$$

где L – длина транспортирования, км; v_{cp} – среднеходовая скорость движения, км/час; Q – производительность погрузочного пункта, т/час; t_m – время маневров у погрузочного пункта, на разминовках и в пункте разгрузки, час.; k_n – коэффициент неравномерности; τ_p – время разгрузки одного вагона, час.; nG – грузоподъемность состава, т.

Основными функциональными элементами напочвенной канатной дороги являются привод, тяговый канат, буксировочная тележка и подвижной состав. Условия их взаимодействия характеризуются состоянием сложным рельефом трассы транспортирования, натяжением тягового каната и массой подвижного состава, которая определяется количеством вагонов в составе и степенью их заполнения транспортируемой породы.

Количество вагонов N_v в составе напочвенной канатной дороги в подземных выработках сложной рельефной конфигурации определяется согласно выражения:

$$N_{\text{в}} = \frac{k_c \cdot k_n \cdot Q \left[\frac{2L}{v_{\text{ср}}} + t_m + \left(\frac{1}{k_n Q} + \frac{\tau_p}{G} \right) nG \right]}{G}, \quad (2)$$

где k_c – коэффициент, учитывающий наличие дополнительных составов на сопряжении подготовительной и участковой выработках.

Исходя из практики, техническая задача автоматизированной системы управления процессом транспортирования породы напочвенной канатной дорогой ДКНП-1,6 характеризуется условиями взаимодействия привода и тягового каната в зависимости от состояния трассы и массы подвижного состава. То есть, оператор напочвенной канатной дороги должен на основе анализа информации об изменении рабочих параметров электропривода дороги диагностировать техническое состояние (дефекты и повреждения) тягового каната, трассы, массу подвижного состава и прогнозировать экстремальные ситуации. Экспериментально доказано, что путем обеспечения щадящих условий взаимодействия тягового органа и линейных элементов ДКН увеличивается срок их эксплуатации, т.е. обеспечивается ресурсосбережение.

К важнейшим технологическим объектам, которые необходимо рассматривать при построении структуры автоматизированной системы управления транспортно-перемещающими процессами относятся, сосредоточенные в зоне F (рис. 1), породный бункер и пункт разгрузки множества вагонов ВД-2,5.

В соответствие с технологическим регламентом вагонетки канатной дороги с откидными днищами разгружаются при замедленном ходе состава над разгрузочными ямами (рис. 2). Устройства для открытия и закрытия днищ вагонеток оборудуются дистанционно-управляемыми приводами. При надлежащей структуре системы автоматизированного управления процессом разгрузки, и оборудовании пункта разгрузки соответствующими устройствами слежения (средствами распознавания), оператор ДКН может избирательно контролировать полноту выгрузки породы из вагонов канатной дороги и степень заполнения бункера.

Указанные операции являются завершающим этапом оперативно-производственного управления транспортно-перемещающими процессами в участковых выработках с применением рельсовых видов транспорта, на котором функции автоматизированной системы управления напочвенной канатной дорогой прекращаются. Однако показатели заполнения бункера породой являются сигналом для оператора ДКН и исходной информацией о целесообразности включения в работу подбункерной конвейерной линии с позиции энергосбережения.

Последнее обусловлено двумя факторами:

- производственной необходимостью включения подбункерного конвейера при полном заполнении бункера породой с целью компенсации простоев конвейерной линии;

– стоимостью потребляемой электроэнергии в различное время суток.
Стоимость электроэнергии в различное время суток дана в таблице 1.

Таблица 1

Стоимость электроэнергии, потребляемой шахтой в течении суток

Период потребления	Время, ч	Стоимость электроэнергии, грн/кВт.ч
Час «Пик»	8.00 – 17.00	0,79498
Время «Полупика»	17.00 – 22.00 6.00 – 8.00	0,4827
Ночной тариф	22.00 – 6.00	0,1656

На завершающем этапе автоматизированного оперативно-производственного управления технологическими процессами перемещения породы рельсовыми видами транспорта важным показателем для оператора ДКН является информация о качестве выгрузки породы из шахтных вагонов.

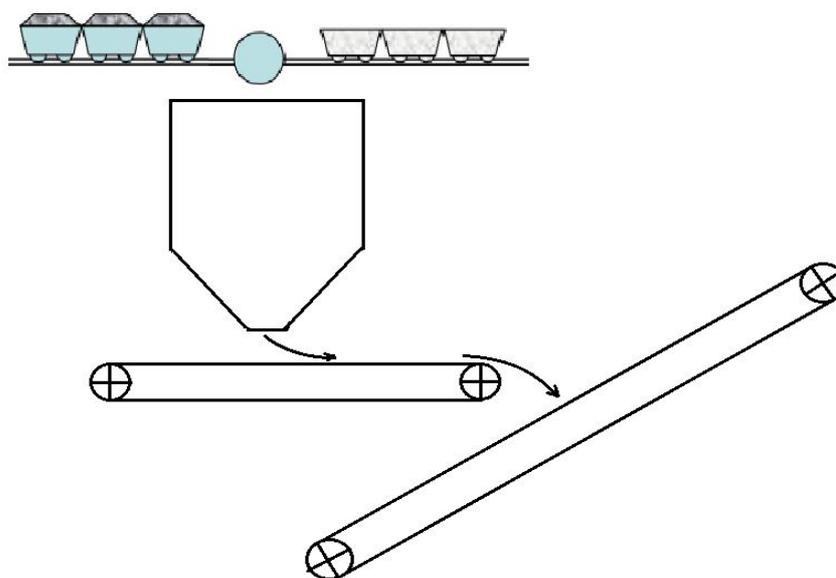


Рис. 2. Структурная схема энергосберегающей транспортно-технологической схемы откатки породы напочвенными канатными дорогами

Необходимость оперативного диагностирования данной операции обусловлена тем, что при транспортировании увлажненной горной массы происходит ее уплотнение и налипание в местах сопряжения вертикальных стенок вагонетки с днищем. В результате до 35 % уменьшается вместимость кузова вагонеток, снижается пропускная способность транспортных выработок, повышаются энергозатраты на транспортирование составов с «мертвым грузом», увеличивается потребность в дополнительных вагонах для вывоза горной мас-

сы из подготовительного забоя и, как следствие, нагрузка на тяговый орган напочвенной канатной дороги.

Для разрабатываемой структуры автоматизированного управления процессами транспортирования породы напочвенными канатными дорогами рекомендуется использовать визуально-оптический метод диагностирования процесса выгрузки породы из шахтных вагонов. В основу рекомендуемого способа положена идея бесконтактного определения объема горной массы внутри вагонетки. Принцип распознавания степени выгрузки породы из вагонов отражен на рис. 2. Сущность визуально-оптического метода диагностирования процесса выгрузки породы заключается в использовании эффекта компьютерного зрения для оперативного распознавания толщины слоя налипшей горной массы на стенки и днище шахтной вагонетки. По визуальному анализу получаемых трехмерных изображений, автоматизированная система идентификации и управления обрабатывает поступающую информацию и выдает соответствующие рекомендации оператору ДКН для принятия решений по координации режимов работы всей транспортной системы.

Таким образом, выполненное обоснование структуры модели автоматизированного оперативно-производственного управления транспортно-технологическими процессами и идентифицированными эксплуатационными параметрами напочвенных канатных дорог нового поколения обеспечивает снижение удельных энергозатрат и ресурсосбережение при перемещении шахтной породы в подземных выработках сложной конфигурации.

Список литературы

1. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок: нормативное производственно-практическое издание / Бежок В.Р., Калинин В.Г., Коноплянов В.Д., Курченко Е.М. / Под общей редакцией В.А. Корсуна, 3-е издание, перераб. и доп. – Донецк: Донеччина, 2009. – 672 с.
2. Мещеряков Л.И. Задачи систем автоматизированного управления процессами транспортирования грузов канатными напочвенными дорогами тяжелого типа /Л.И. Мещеряков, А.Л. Ширин, Л.Н. Посунько, А.Г. Васюк / Сб. научн. трудов НГУ. 2012. – №39. – С. 28–33.
3. Первый год эксплуатации системы УТАС / Король В.И., Кобзарь Д.И., Галушко Н.Н., Глебов В.П. // Уголь Украины. – 2012. – №8. – С.39–40.
4. Ширин А.Л. Визуально-оптический метод контроля процесса выгрузки породы из шахтных вагонов / Ширин А.Л. // Тези доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції аспірантів, молодих учених і студентів “Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості” (8-11 жовтня 2013, м.Івано-Франківськ)

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Слесаревим В.В.
Надійшла до редакції 11.11.13*