

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ



## ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Всеукраїнської науково-практичної конференції

**“Сучасний стан та перспективи розвитку транспортних систем гірничих підприємств”**

присвяченої 90-річчю кафедри транспортних систем і технологій

6 – 7 грудня 2012 р.

Дніпропетровськ

## **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

**Голова оргкомітету – Півняк Геннадій Григорович, академік НАН України, ректор.**

### **Заступники голови:**

Бешта Олександр Степанович – д.т.н., професор, проректор з наукової роботи;  
Бузило Володимир Іванович – д.т.н. професор, директор гірничого інституту;  
Ширін Леонід Никифорович – д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних систем і технологій.

### **Координатори:**

Коровяка Євген Анатолійович – к.т.н., доцент, заступник завідувача кафедри транспортних систем і технологій;  
Денищенко Олександр Валерійович – к.т.н., доцент кафедри транспортних систем і технологій.

### **Члени організаційного комітету:**

Расцветаєв Валерій Олександрович – к.т.н., доцент кафедри транспортних систем і технологій;  
Інюткін Іван Володимирович – асистент кафедри транспортних систем і технологій, голова ради молодих вчених гірничого інституту;  
Яворська Вікторія Вікторівна – інженер-програміст кафедри транспортних систем і технологій.

**Телефони для довідок (0562) 47-08-79, 46-90-42**  
**web-сторінка <http://www.nmu.org.ua>**  
**e-mail: [yavorskaiav@nmu.org.ua](mailto:yavorskaiav@nmu.org.ua)**

## ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ

### **I день конференції (6 грудня):**

- 10<sup>00</sup> – 11<sup>00</sup>      Реєстрація учасників конференції (*корпус 7, ауд. 508*);
- 11<sup>00</sup> – 13<sup>00</sup>      *Урочисте пленарне засідання, присвячене 90-річчю кафедри ТСТ (корпус 1, ауд. 29);*
- 13<sup>00</sup> – 13<sup>30</sup>      *Перерва;*
- 13<sup>30</sup> – 14<sup>30</sup>      *Відвідування музеїв, центрів університету, аудиторій кафедри;*
- 14<sup>30</sup> – 17<sup>00</sup>      *Робота секцій (корпус 7, поверх 5);*
- 17<sup>00</sup>                *Товариська зустріч (корпус 10, поверх 2).*

### **II день конференції (7 грудня):**

- 10<sup>00</sup> – 13<sup>00</sup>      *Робота секцій (корпус 7, поверх 5);*
- 13<sup>00</sup> – 13<sup>30</sup>      *Перерва;*
- 13<sup>30</sup> – 14<sup>30</sup>      *Заключне засідання, підведення підсумків конференції (корпус 7, ауд. 510).*

## ТЕМИ ДОПОВІДЕЙ

1. Денищенко А.В., Новосельцев В.В. Способ определения продольного профиля шахтного рельсового пути..... 5
2. Коровяка Е.А., Дьячков П.А., Осипова Т.В. Перспективы применения крутонаклонных ленточных конвейеров в условиях горных предприятий Украины..... 7
3. Ширин Л.Н., Коровяка Е.А., Расцветаев В.А. Данильченко П.А. Проблемы и перспективы применения гидротранспорта в условиях угледобывающих предприятий Украины..... 9
4. Барташевский С.Е. Барташевская Л.И. Пути повышения эксплуатационных показателей работы локомотивного транспорта..... 11
5. Катульский А.С. Анализ проблемы эксплуатации скважины при наличии в газе коррозионно-активных компонентов..... 12
6. Долгих В.П. О моделировании процесса движения тягового органа шахтного ленточного конвейера на роликкоопорах..... 13
7. Михалев Д.В. Систематизация способов повышения эмиссии метана при его извлечении из газо-угольных месторождений..... 14
8. Астахов В.С., Манукян Э.С., Василенко Е.А., Харченко Т.В. Интенсификация способа поверхностной дегазации газоносных угольных пластов..... 15
9. Доброногова В.Ю. Обоснование дополнительных функций гидравлических натяжных устройств забойных скребковых конвейеров..... 17
10. Коровяка Е.А., Сикора Е.И., Киселева И.В. Обоснование рациональных параметров схемы вскрытия автотранспортным уклоном Желтореченского месторождения железных руд..... 18
11. Кечін М.О. Актуальність підвищення пропускної здатності дільничних підготовчих виробок при монтажі очисних комплексів підвісними монорейковими дорогами..... 20
12. Ширин Л.Н., Денищенко А.В., Юрченко О.О. Обоснование критерия сравнительной оценки эффективности транспортно-технологических схем нерудных карьеров..... 21
13. Лубенец Н.А. Лубенец Т.Н. Об реализации тягового усилия трением..... 23
14. Шипунов С. О. Перспективные виды горнотранспортного оборудования и технологии для эффективной добычи руды на железорудных карьерах Украины..... 25
15. Ермак И.В. Перспективы применения мобильных короткозвенных конвейеров при поточной технологии разработки скальных пород..... 26
16. Сорбат Ю.В. Безопасность процесса транспортирования газовоздушной смеси..... 28
17. Бобылёв А.А. Коптовец А.Н., Ширин Л.Н., Яворская В.В. Компьютерное моделирование динамики тормозных систем подвижного состава шахтного рельсового транспорта..... 30
18. Федоряченко С. А. Перспективи розвитку конструкції шахтної вагонетки в умовах вугільних шахт..... 32
19. Проців В.В., Самолов А.І. Використання бандажно-колодкового гальма на шахтному локомотиві..... 34
20. Юдина А.А., Барташевский С.Е., Барташевская Л.И. Совершенствование тормозной системы электровоза..... 36

**А.В.Денищенко, к. т. н., Новосельцев В.В., аспирант**

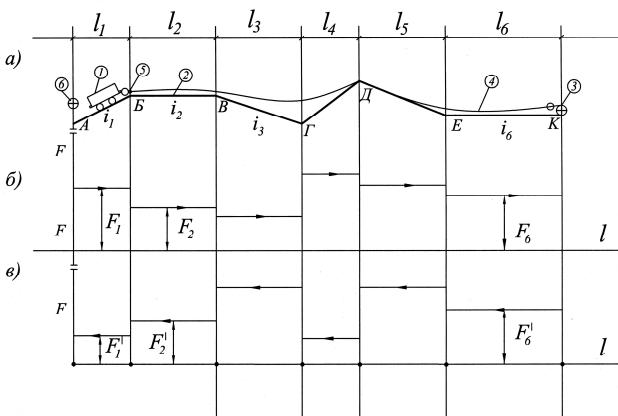
(Государственное ВУЗ “Национальный горный университет”, г. Днепропетровск)

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ШАХТНОГО РЕЛЬСОВОГО ПУТИ

В настоящее время состояние горной промышленности Украины находится в неудовлетворительном состоянии. Более 50 % используемого оборудования отработало свой ресурс и возможности заменить его практически нет, поскольку отрасль испытывает недостаток финансирования и, в связи с этим, безопасность ведения горных работ находится на низком уровне. Украина по количеству несчастных случаев на производстве, 20 – 40% из которых происходит на шахтном транспорте, занимает лидирующие позиции в мире [1].

В последние годы, несмотря на масштабное внедрение конвейеризации, роль рельсового транспорта остается значительной: в 2006 году на шахтах эксплуатировалось около 3000 локомотивов и более 150 000 вагонеток. Одной из основных причин, ограничивающих производительность откатки и снижающих ее безопасность, является нарушение геометрического состояния рельсового пути из-за: недостаточной тщательности укладки, содержания и ремонта пути; просадки стыков; исходной искривленности рельсов; особенностей конструкции верхнего строения пути, значительного водопритока, пучения почвы, величины грузопотока, скорости движения поездов и т.д.

В настоящее время определение фактического профиля пути производится при помощи весьма трудоемкой маркшейдерской съемки. Разработанный с участием авторов метод экспериментально-расчетного определения и построения профиля пути на заданном маршруте основан на замерах силы сопротивления движению вагонетки (состава) с помощью тяговой лебедки или локомотива, каната и динамометра [2].



*Рис. 1. Определение уклона пути: а) – профиль трассы; б) – сила тяги  $F$  на перемещение вагонетки (состава) вправо; в) – сила тяги  $F'$  на перемещение вагонетки (состава) влево.*

На рис. 1, а) показан вариант профиля шахтного рельсового пути подобный профилю маркшейдерской съемки в шахте. Ломаный продольный профиль пути состоит из отдельных его отрезков (АБ, БВ...ЕК), отличающихся величиной уклона и длиной. Вагонетка (состав) 1 перемещается с постоянной известной скоростью по рельсовому пути 2 в одну сторону локомотивом 3 с помощью каната 4 или лебедкой. При этом динамометром 5 в масштабе времени непрерывно записывается изменение силы тяги  $F$  на перемещение состава. Аналогичным образом вагонетка (состав) перемещается локомотивом 6 в обратном направлении и фиксируется изменение силы тяги  $F'$ .

На рис. 1, б) и 1, в) показаны варианты результатов измерения силы тяги динамометром. Здесь обозначены  $F_1, F_2, \dots, F_n$  – силы тяги при движении в одну сторону и соответствующие им (по нумерации участков)  $F'_n \dots F'_2, F'_1$  силы при движении в обратную сторону.

Для участка пути АБ длиной  $l$  с уклоном  $i$  запишем уравнение движения:

Вправо:  $F_1 - G(w - i) = 0$  откуда  $F_1 = G(w + i)$  (плюс  $i$  при подъеме)

Влево:  $F'_1 + G(i - w) = 0$  откуда  $F'_1 = G(w - i)$  (минус  $i$  при спуске)

где:  $G$  – сила тяжести вагонетки;  $w$  – коэффициент основного сопротивления движению;  $i$  – уклон пути.

Разница тяговых усилий  $F_1$  и  $F'_1$  – это удвоенное значение силы сопротивления от уклона пути:

$$\Delta F_1 = F_1 - F'_1 = 2Gi.$$

Из выражения находим уклон пути  $i$  (равен удельному сопротивлению от уклона):

$$i = \frac{\Delta F_1}{2mg} \text{ (либо } \oplus, \text{ либо } \ominus \text{ по знаку } \Delta F \text{ )}.$$

Использование предлагаемого способа определения профиля трассы позволяет совершенствовать методику расчета электровозной откатки, существенно повысить точность определения ее параметров, и, как следствие, повысить производительность и безопасность шахтного транспорта. Однако, для его реализации необходимо устанавливать динамометр между вагонеткой и лебедкой или локомотивом, что в шахтных условиях затруднительно и требует дополнительных затрат. Для устранения указанного недостатка предлагается определять силу тяги электровоза на участках трассы с помощью электромеханической характеристики его тягового электродвигателя, постоянно измеряя и фиксируя в процессе движения силу тока в цепи питания последнего.

Известно, что зависимость силы тяги ( $F$ ), скорости движения ( $V$ ), к.п.д.( $\eta$ ) и силы тока двигателя ( $I$ ) дает электромеханическая характеристика двигателя на ободу колеса. Поскольку передаточное число редуктора и диаметр колес зависят от типа электровоза, то электромеханическая характеристика является индивидуальной для каждого из них. Таким образом, имея показания силы тока тягового двигателя на всех участках трассы в обоих направлениях, несложно по электромеханической характеристике двигателя определить соответствующие им значения силы тяги и построить ее продольный профиль. Более того, этот процесс легко поддается компьютерной обработке и вывод информации осуществляется в удобном для использования виде.

Подводя итог можно сказать, что применение данного способа может существенно сократить затраты на определение уклона пути и тем самым улучшить условия для безопасной эксплуатации рельсового транспорта.

#### Перечень ссылок:

1. Н. Я. Биличенко. Основы теории и расчет средств транспортирования грузов шахт [Текст] / Н. Я. Биличенко, А.В. Денищенко. – Д.: НГУ. – 2008. – 103 с.
2. Пат 48193 Україна на корисну модель, МПК E21F13/00, E01B 35/04. Спосіб визначення повздовжнього уклону шахтної рейкової колії [Текст] / О.В Денищенко, М.Я.Біліченко; заявник і патентновласник – Національний гірничий університет. Заявл. 14.09.2009., опубл. 10.03.2010., бюл. №8. – 2с.

**Коровяка Е.А., к.т.н., Дьячков П.А., ассистент, Осипова Т.В., студентка**  
(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск)

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КРУТОНАКЛОННЫХ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ В УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ УКРАИНЫ**

Область эффективного применения ленточных конвейеров, установленных в наклонных выработках, ограничивается углом наклона выработки, с увеличением которого возникают силы сопротивления движению груза, вызывающие скатывание транспортируемого материала в обратную сторону к направлению грузопотока. Для повышения эффективности работы конвейеров в наклонных выработках необходимо уменьшить скатывание груза. Достигается это путем применения гофрированной и рифленой ленты, создания боковых распорных сил, вызывающих повышение нормального давления груза на ленту и, тем самым, увеличение сил сцепления перемещаемого груза с лентой, применением трубчатых ленточных конвейеров.

Исследованиями кафедры транспортных систем и технологий установлено, что на формирование грузопотоков угля и породы из лав и подготовительных забоев стохастически воздействуют множество горно-геологических, технических, технологических и организационных факторов, оказывающих влияние на характер и величины грузопотоков. Поэтому современные системы конвейерного транспорта должны учитывать любые изменения технологических процессов добычи угля, быть высокоадаптивными и ориентированными на снижение энергозатрат и сохранение качества транспортируемых грузов [1].

С интенсификацией очистных и подготовительных работ значительно возрастает нагрузка на участковые и магистральные конвейерные линии. Повысить производительность конвейерной цепочки можно путем увеличения скорости движения ленты. Однако в процессе перемещения горной массы гибким тяговым органом ее частицы испытывают влияние колебания ленты, которая перемещает их во взаимно перпендикулярных направлениях. Поперечные сходы лент в сторону на барабанах и роликах приводят к разрушению бортов ленты о металлоконструкции става конвейера, подрыв стыковых соединений и нагрев ленты от трения. При скоростях движения ленты  $>3,15$  м/с наблюдается дополнительная запыленность рудничной атмосферы от работы конвейера, а при скоростях движения ленты 5 м/с и более транспортируемый материал (уголь) выбрасывается из ленты. Этим ограничена скорость движения конвейерной ленты на горных предприятиях 3,15 м/с [2].

С учетом достоинств и недостатков рекомендуемых транспортных схем, был выполнен поиск и обоснование альтернативного варианта. В результате, с использованием зарубежного опыта применения в горной промышленности, был принят крутонаклонный ленточный конвейер (КНК).

Предварительными расчетами установлено, что применение в транспортной сети крутонаклонного конвейера позволит значительно уменьшить объем проведения наклонных подготовительных выработок и расходы на транспортирование угля от очистных забоев прирезаемой части шахтного поля.

На данный период известно три модификации КНК, которые в той или иной степени находят применение в горнодобывающей отрасли. Это КНК с рифленой лентой (Полтавский ГОК), с прижимной лентой (экспериментальные образцы) и трубчатые конвейеры (фирма "КОСН").

При правильном выборе конструктивных параметров КНК и скорости движения тягового органа обеспечивается стабилизация грузопотока. Управление скоростью можно рассматривать как адаптацию КНК к случайным грузопотокам, поступающим на конвейер.

При этом, основным параметром, определяющим производительность КНК является максимально возможная площадь сечения груза. Параметры реального грузопотока, поступающего на КНК, и скорость движения груза должны корректироваться.

Следует отметить, что в литературных источниках наиболее часто приводятся рекомендации по обеспечению устойчивого режима работы крутонаклонного конвейера путем применения второго контура относительно тягового органа КНК (рис. 1).

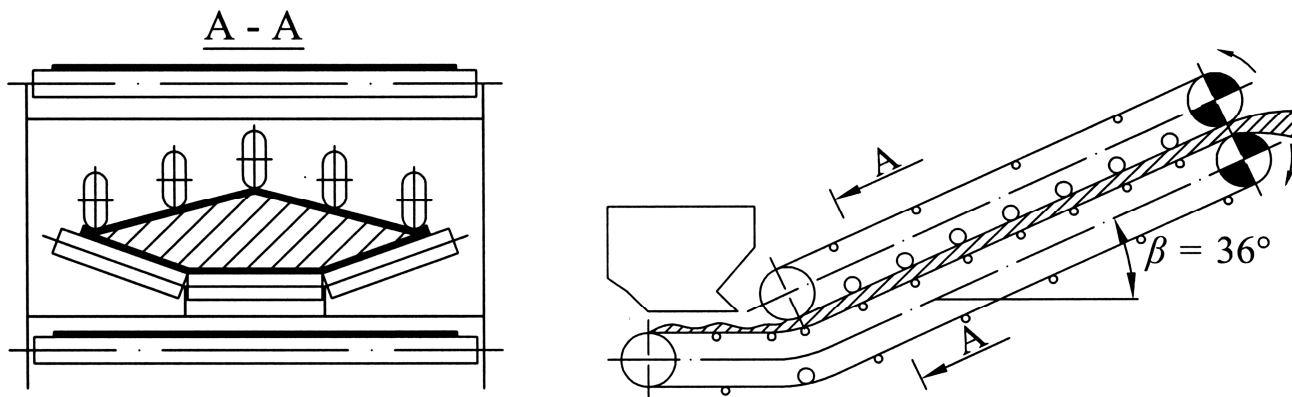


Рис. 1. Схема крутонаклонного конвейера с прижимной лентой

Анализ технических решений в данном направлении показал, что создание второго контура было направлено, в основном, на расширение области применения ранее разработанных конструкций КНК. Вопросы предотвращения скатывания груза при углах наклона  $\alpha \geq 25^\circ$  решались исключительно теоретически. Практические рекомендации по повышению эксплуатационных параметров КНК не представлены. По этой причине отсутствуют также методические рекомендации по расчету основных параметров двухконтурных КНК с прижимной лентой. В этой связи, для обоснования характера поведения материала на грузонесущем тяговом органе КНК с прижимной лентой была разработана программа и методика поэтапного исследования взаимодействия элементов системы "груз - тяговый орган" двухконтурного крутонаклонного конвейера.

Задача исследований первого этапа заключалась в разработке математической модели, описывающей взаимосвязь параметров, определяющих движение груза с конвейерной лентой в двухконтурном режиме работы КНК.

Параллельно с теоретическими исследованиями выполнялось компьютерное моделирование технологичности предлагаемых вариантов транспортирования угля с применением крутонаклонного конвейера, которые показали, что существующие конструкции КНК с прижимной лентой практически не вписываются в существующие параметры подземных транспортных выработок. В этой связи теоретические исследования поведения двух колебательных систем с двумя степенями свободы представляют интерес при обосновании параметров КНК для открытых горных работ и могут служить базой для разработки исходных требований к КНК для подземных выработок.

#### Перечень ссылок:

1. Обоснование параметров энергосберегающих технологических схем подземного транспорта в условиях отработки совместимых запасов шахт «Павлоградская» и «Терновская» ОАО «Павлоградуголь»: Отчет о НИР [Текст] / Национальный горный университет; Руководитель Л.Н. Ширин – №ГР0105U007350. – 2005. – 137 с.

2. Справочник. Подземный транспорт шахт и рудников [Текст] / Под. общей ред. Г.Я. Пейсаховича, И.П. Ремизова. – М.: Недра, 1985. – 565с.



**Ширин Л.Н., д.т.н, Коровяка Е.А. , к.т.н., Расцветаев В.А. , к.т.н.**

*(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск)*

**Данильченко П.А. , главный инженер шахты «Пионер»**

*(Шахтоуправление «Белозерское», ООО «ДТЕК «Добропольеуголь», г. Доброполье).*

## **ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ УКРАИНЫ**

В современных условиях рыночных отношений эффективность работы применяемых высокопроизводительных систем машин и комплексов оборудования для разведки, добычи и переработки минерального сырья определяется точной постановкой и решением важнейших технико-экономических и организационных задач промышленности. Для решения этих задач интенсивно ведутся работы в разных направлениях, в том числе и в вопросах связанных с применением гидротранспортных установок.

Гидротранспортная техника нашла широкое применение в технологических комплексах глубокого и сверх глубокого бурения; при гидродобыче угля, рудных и нерудных полезных ископаемых; освоении месторождений в сложных горно-технологических условиях; транспортировке мелких классов углей, шламов, торфа руд и их концентратов, быстросхватывающихся смесей при сооружении искусственных целиков для охраны подземных горных выработок и т.п.

Гидротранспорт применяют для транспортирования насыпных грузов, которые не размокают, не прилипают к стенкам трубопроводов и не слипаются, например, при вскрыше и удалении пустых пород на открытых разработках, ведении закладочных работ, открытой и подземной добыче угля способом гидромеханизации и на обогатительных фабриках. На угольных предприятиях гидротранспорт используют для перемещения угля от очистного забоя по технологическим трубопроводам, проложенным в горных выработках в сторону околоствольных дворов, подъеме его на поверхность и подачу на обогатительные фабрики, с поверхности транспортируются закладочные материалы для закладки выработанного пространства.

Основными параметрами, определяющими режим гидротранспортирования, являются: скорость движения гидросмеси, концентрация в ней твердой фазы и ее гранулометрический состав.

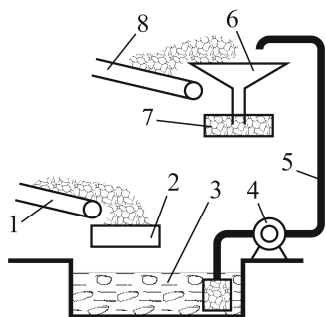
К основным достоинствам данного вида транспорта относятся: большая пропускная способность, непрерывность процесса, возможность полной автоматизации, малочисленность обслуживающего персонала. Установки гидротранспорта отличаются простотой; самотечные и трубопроводные магистрали имеют малые размеры в сечении, что позволяет уменьшить сечение горных выработок. Гидротранспорт обеспечивает поточное транспортирование горной массы от очистного забоя до групповой обогатительной фабрики, транспортировку породы в отвалы, удаленные от горного предприятия, что способствует значительному упрощению всего комплекса шахты. При гидротранспортировании на большие расстояния магистрали можно прокладывать по кратчайшей трассе, так как встречающиеся препятствия могут быть легко преодолены.

К недостаткам относят: необходимость дробления материала до транспортабельных размеров и измельчение его в процессе транспортирования; большую энергоемкость по сравнению с другими видами транспорта; необходимость обезвоживания материала в том случае, когда он не подвергается мокрому обогащению; удорожание обогащения, снижение отпускной цены, когда материал не должен измельчаться для обогащения. Недостатком в настоящее время является также малый срок службы оборудования гидротранспортных установок, в основном, углесосов, насосов и трубопроводной арматуры из-за большого гидроабразивного износа. Однако этот недостаток может быть устранен применением износостойких материалов и совершенствованием конструкции оборудования [1, 2].

Повышение технико-экономических показателей, может быть достигнуто путем увеличения концентрации гидросмеси с учетом гранулирования и скорости ее транспортировки до рациональных значений, которые обеспечат рост производительности, устойчивость режима и надежность работы гидротранспортных систем.

Как показывает исторический опыт ведения горных работ в условиях Донбасса на гидрошахте «Пионер» (Добропольеуголь), эффективность гидротранспорта для перемещения горной массы увеличивается при комбинированном применении его с гидродобычей специальными гидромониторами.

Гидрошахта «Пионер» построена по проекту института «Днепрогипрошахт» и введена в эксплуатацию в 1961 году как опытно-экспериментальное предприятие с гидравлической технологией выемки угля, транспортировки горной массы в шахте и выдачи ее на поверхность с помощью углесосного гидроподъема (рис. 1).



*Рис. 1. Схема напорного гидротранспортирования горной массы:*

*1, 8 – конвейер; 2 – дробилка;  
3 – пульпосборник; 4 – углесос;*

*5 – пульпопровод; 6 – обезвоживающий виброгрохот; 7 – шламовый отстойник*

Крупные фракции горной массы после виброгрохота поступает на конвейер 8 и далее на обогатительную фабрику, а более мелкие с водой перемещаются в шламовые отстойники 7. После «осветленная» часть воды из шламовых отстойников поступает в резервуары насосной станции и затем снова подается в ствол для подъема горной массы.

Основной проблемой при этом является быстрый износ перекачивающих пульпу агрегатов и отсутствие на Украине завода по производству подобного оборудования, что существенно увеличивает затраты на закупку импортной продукции.

На угледобывающих предприятиях Украины гидротранспорту уделяется недостаточное внимание. Однако, опыт работы горнодобывающих предприятий за рубежом свидетельствует о том, что трубопроводный транспорт, ввиду своей большой производительности, надежности и исключительной простоты транспортной трассы, может в скором времени стать серьезным конкурентом применяемым в настоящее время способам транспортирования горной массы.

В настоящее время область рационального применения гидротранспорта в Украине недостаточно обоснована, но в дальнейшем этот способ транспортировки может найти широкое применение как на горнодобывающих предприятиях с высоким уровнем добычи полезного ископаемого, так и в смежных отраслях.

#### **Перечень ссылок:**

1. Махарадзе Л.И., Кирмелашвили Г.И. Нестационарные процессы в напорных гидротранспортных системах и защита от гидравлических ударов . – М., Недра, 1986.
2. Покровская В.Н. Трубопроводный транспорт в горной промышленности. – М., Недра, 1985.

**Барташевский С.Е., канд. техн. наук, Барташевская Л.И., канд. физ-мат. наук,**  
(Государственное ВУЗ “Национальный горный университет”, г. Днепропетровск)

## **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЛОКОМОТИВНОГО ТРАНСПОРТА**

Одной из основных проблем современного шахтного локомотивного транспорта является недостаточная его производительность.

Стремительное старение шахтного фонда вынуждает для продления срока службы существующих шахт осуществлять прирезку запасов у границ шахтных полей. Это приводит к увеличению протяженности маршрутов локомотивной откатки.

На сегодняшний день основным видом локомотивов (свыше 80% от общего числа) на угольных шахтах являются аккумуляторные электровозы, путь пробега которых зависит от емкости их батарей и энергозатрат. В сочетании с увеличением протяженности маршрутов и ограниченным зарядом батарей это приводит к неуклонному росту энергоемкости откатки, снижению весовой нормы поезда, росту продолжительности рейса и, как следствие, к падению эффективности работы локомотивного транспорта.

Анализ зарубежного опыта привел к появлению на угольных шахтах дизелевозов, которые используя высокоэнергетическое дизельное топливо (ДТ), имеют достаточно высокую автономность и энерговооруженность.

Однако внедрение дизелевозов на шахтах Украины затруднено, поскольку нормативы содержания вредных веществ в выхлопах дизелевозов производства стран Евросоюза не соответствуют нормам действующего законодательства [1]. Существующие системы нейтрализации выхлопных газов требуемых показателей обеспечить не могут.

Выход из этой ситуации возможен путем изменения характеристик применяемого топлива и улучшения условий сгорания ДТ в цилиндрах двигателя.

Один из способов, позволяющий снизить токсичность выхлопа — переход на сжигание смеси ДТ+водород. Высокая температура сгорания водорода, его равномерное распространение по всему объему камеры сгорания позволит повысить полноту сгорания ДТ, снизить его расход, уменьшить выход токсичных и канцерогенных соединений и общий объем вредных выбросов. При добавке 10% водорода содержание в выхлопных газах сажи (сильного канцерогена) снижается на 75%, снижается содержание окислов азота, бензопирена и углеводородов [2].

По мере снижения доли ДТ, подаваемого в цилиндр, существенно снижаются выбросы CO, CO<sub>2</sub>, углеводородов, альдегидов, сажи и бензопирена. Однако рост удельного веса водорода в топливной смеси приводит к повышению температуры сгорания смеси и скорости детонации. Это приводит к ряду негативных последствий:

- росту выделения окислов азота;
- росту нагрузки на двигатель и его повышенному износу.

Экспериментальные исследования [2] показали, что при 50% замене ДТ водородом, жесткость работы двигателя возрастает более чем на 100%, а давление в цилиндрах на 30%. Следствием повышенных динамических нагрузок является сокращение моторесурса двигателя, рост затрат на его обслуживание и ремонт.

Таким образом, подбор рационального соотношения в топливной смеси ДТ и водорода для условий эксплуатации конкретного двигателя позволит обеспечить:

- снижение токсичности выхлопных газов до величины украинских ПДК;
- экономию ДТ;
- обеспечение нормальных эксплуатационных режимов работы двигателя.

Снижение токсичности и повышение экономичности работы шахтных дизелевозов позволит существенно расширить область их применения. За счет замены аккумуляторных электровозов дизелевозами возможно сократить локомотивный парк горных предприятий, повысить среднюю скорость движения, среднесменный пробег локомотивов, увеличить весовую норму поезда.

#### **Перечень ссылок:**

1. Мохельник П., Ковраж П. Взрывозащитные рудничные дизелевозы из Чехии// Глюкауф. – 2002. – №1. – С.50 – 52.
2. С.В. Новоселов, В.А. Синицин. Особенности рабочего процесса дизеля, работающего с частичным замещением дизельного топлива водородом. – Ползуновский вестник.– №1–. 2004. – С. 192–196. Изд–во. Алтайского ГТУ им. И.И. Ползунова.

УДК 622.324.5

**Катульский А.С., аспирант**

*(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск)*

### **АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИНЫ ПРИ НАЛИЧИИ В ГАЗЕ КОРРОЗИОННО-АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ**

Тенденция постепенного изменения структуры топливно-энергетического баланса в мире, заключающаяся в увеличении потребления угля из-за ожидаемого снижения извлекаемых запасов нефти и газа, привела к поиску новых направлений комплексного освоения и использования природных ресурсов при разработке угольных месторождений. Количество запасов шахтного метана в пределах угольных бассейнов страны сопоставимо с ресурсами месторождений природного газа. По оценкам украинских специалистов, запасы метана в угольных месторождениях Донбасса составляют более 12 трлн. м<sup>3</sup>. Таким образом, проблема извлечения шахтного метана является актуальной. Решение проблемы эффективной добычи метана позволит повысить безопасность ведения горных работ.

Одним из основных факторов, влияющих на работу дегазационных установок шахты, является наличие коррозионно-активных компонентов в составе шахтного метана. К ним относятся углекислота, сероводород, ртуть и пластовая вода. При наличии влаги в газозудушной смеси CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S вступают с металлами в химическую реакцию и вызывают коррозию скважинного оборудования, что приводит не только к выходу его из строя, но и к существенному росту сопротивления трубопроводной сети. Интенсивность коррозии зависит от давления и температуры среды, концентрации активных компонентов, влажности газа, конструкции и режима эксплуатации скважины.

Наиболее агрессивным компонентом в составе шахтного метана является сероводород. Характерной чертой сероводородной коррозии является растрескивание металла. Содержание во влажном газе сероводорода более 0,005 г/м<sup>3</sup> способствует заметной коррозии оборудования. Однако сероводород в составе шахтного метана содержится в незначительных количествах и его влияние сравнительно мало, что позволяет предположить именно углекислотный механизм коррозии. Связь между интенсивностью коррозии и наличием CO<sub>2</sub> устанавливается парциальным давлением углекислоты и кислотностью водного концентрата. При углекислотной коррозии существенное значение имеет минерализация и количество поступившей в скважину пластовой воды. В условиях высоких температур и давлений наличие в газе углекислоты усиливает интенсивность коррозии оборудования скважины [1].

При промышленной добыче природного газа применяют следующие мероприятия по снижению коррозии:

- применение ингибиторов;
- использование коррозионностойких трубопроводов;
- снижение скорости потока.

Ингибиторный метод борьбы с коррозией заключается в использовании поверхностно активных веществ, введение которых в агрессивную среду вызывает заметное замедление коррозии металлов и сплавов. Эффективность применения ингибиторов зависит от того, насколько хорошо он растворяется или иным способом переходит в воду и далее абсорбируется на поверхности метала.

Одним из основных факторов, влияющих на интенсивность коррозии, является скорость потока газа. С увеличением скорости потока интенсивность коррозии возрастает. Различают критическую скорость потока, при которой интенсивность коррозии значительно ниже, чем при скоростях, превышающих эту величину.

Перспективным методом борьбы с коррозией при добыче шахтного метана является выбор технологического режима, при котором скорость потока меньше критической. Вероятны случаи, когда применение режима постоянной скорости потока нерентабельно вследствие гидратообразования. В этих условиях давление и температура, получаемые при постоянной скорости на устье, должны быть не меньше, чем равновесное давление и температура гидратообразования.

Внедрение мероприятий по снижению коррозии позволит уменьшить общее число ремонтов скважин за счет увеличения времени работы, увеличить добычу газа за счет сокращения времени простоев при ремонте, снизить затраты на замену устьевого и подземного оборудования.

#### **Перечень ссылок:**

1. Основы технологии добычи газа / Мирзаджанзаде А.Х., Кузнецов О.Л., Басниев К.С., Алиев З.С. – М.: Недра, 2003. – 880с.

УДК 622.647.2

**Долгих В.П., аспирант**

*(Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск)*

### **О МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ ТЯГОВОГО ОРГАНА ШАХТНОГО ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА НА РОЛИКООПОРАХ**

Одним из наиболее важных технико-экономических показателей ленточных конвейеров являются удельные затраты энергии, которые определяются сопротивлениями движению тягового органа.

Расчетное сопротивление движению ленты определяется с помощью интегральных нормативных коэффициентов сопротивления, полученных в результате обобщения опыта эксплуатации конвейеров. Реальные же значения коэффициентов могут существенно отличаться от нормативных значений, принятых на этапе проектирования конвейеров, и в зависимости от условий работы, конструктивных и эксплуатационных параметров конвейера находиться в пределах от 0,02 до 0,06. Несмотря на имеющиеся экспериментальные данные, отсутствуют теоретические исследования, которые ставили бы своей задачей установить реальные значения коэффициентов сопротивления в различных условиях эксплуатации конвейеров, а также способы и средства управления факторами, определяющими величину коэффициентов.

Согласно современным представлениям общий коэффициент сопротивления движению состоит из четырех основных составляющих: коэффициента сопротивления движению от

вращения роликов, коэффициента сопротивления движению от вдавливания роликов в ленту и коэффициентов сопротивления движению от деформирования груза и ленты.

В связи с этим, на всех этапах жизненного цикла ленточного конвейера имеет первостепенное значение выбор параметров конвейера, минимизирующих значение общего коэффициента сопротивления движению, а, следовательно, и удельное потребление энергии при силовом взаимодействии элементов «груз – лента – роликкоопора».

Наиболее доступным и экономически целесообразным способом решения поставленной задачи является математическое моделирование процессов в системе посредством программного комплекса ANSYS, который позволяет выявить влияние физико-механических свойств элементов системы, конструктивных параметров и режимов приложения нагрузок при различных условиях эксплуатации. Кроме того, подобного рода исследования не требуют значительных капитальных и временных затрат, возникающих при аналогичных экспериментальных исследованиях.

В программе ANSYS создается ряд параметрических моделей системы, которые в ходе решения задачи дают адекватное представление о поведении роликкоопор, деформированной ленты и насыпного груза. Благодаря этому решаются практические задачи выбора управляющих параметров системы, по сути ее адаптация к реальным условиям эксплуатации. Результаты этого решения можно наблюдать визуально.

УДК 622.831

**Михалев Д.В., аспирант**

*(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск)*

## **СИСТЕМАТИЗАЦИЯ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭМИССИИ МЕТАНА ПРИ ЕГО ИЗВЛЕЧЕНИИ ИЗ ГАЗО-УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

При современном уровне развития техники и технологии добычи угля извлечение метана экономически оправдано только тогда, когда природная проницаемость угольных пластов превышает 1 мили Дарси (мД). В Украине природная проницаемость пластов в большинстве случаев составляет величину менее 1 мД, поэтому технологии извлечения должны обладать возможностью активного воздействия на угольный коллектор.

Извлечение угольного метана из недр может осуществляться или предварительно, или попутно с горными работами. Способы предварительного извлечения метана из угольных пластов позволяют использовать более 90 % ресурсов, в то время как методами попутной добычи может быть извлечено лишь несколько процентов угольного метана.

Целью работы является установление факторов, определяющих выбор эффективного способа воздействия на угольный пласт для интенсификации выделения метана.

Среди активных методов повышения газо-эмиссионной способности угольных пластов наиболее действенными в настоящее время оказались способы гидроразрыва (гидрорасчленения, гидродробления), гидродинамического воздействия, камуфлетного взрывания малых зарядов, физико-химического и электрофизического воздействия.

Методы внешнего воздействия эффективны в своей области изменения степени метаморфизма углей (тепловой –  $V^T = 2-42\%$ ; силовой –  $V^T = 2-17,6\%$ ; виброволновой -  $V^T > 25\%$ ), а в комплексе они перекрывают всю область известных значений степени метаморфизма углей от 2 до 42 %.

В качестве основных критериев выбора видов техногенного воздействия с целью интенсификации газовыделения из угольного пласта выбраны следующие:

- горно-геологические условия залегания угольного пласта;

- степень метаморфизма вещества угольного пласта;
- степень извлечения угольного метана в результате интенсификации газовыделения метана из угольного пласта после применения техногенного воздействия и возможность обеспечения требуемых дебитов угольного метана;
- энергетические затраты на реализацию техногенного воздействия;
- энергетические затраты на 1 м<sup>3</sup> добываемого угольного метана.

В ходе исследований получены следующие результаты:

- установлено, что методы воздействия на угольный массив, способствующие интенсификации количества метана заблаговременно добываемого из угольного месторождения, являются важным элементом технологии промышленной добычи метана;

- наиболее перспективным путем обеспечения физической основы добычи метана из неразгруженных пластов на больших глубинах являются исследования трансформации структуры газоносного угольного вещества на высших уровнях строения;

- по результатам выполненного анализа рассмотренные методы интенсификации газовыделения из угольных пластов были разделены на три группы:

1) методы, основанные на механическом дроблении угля, повышении его газопроницаемости и высвобождении адсорбированных газов, находящихся в макропорах;

2) физико-химические методы, основанные на растворении неорганических минеральных компонентов угля или на вытеснении сорбированных газов поверхностно-активными веществами;

3) методы, основанные на высвобождении метана на молекулярном и надмолекулярном уровне (термобароградиентный и виброволновой);

- установлено также, что силовой вид воздействия наиболее эффективен для углей типа антрацитов, тощих и паровично-спекающихся, т.е. углей, имеющих  $U_T = 4-17,6 \%$ .

УДК 622.279:622.333

**Астахов В.С., ассистент, Манукян Э.С., аспирант,**

**Василенко Е.А., Харченко Т.В. – студентки**

*(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск),*

### **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СПОСОБА ПОВЕРХНОСТНОЙ ДЕГАЗАЦИИ ГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

На протяжении двух последних столетий уголь являлся важным источником производства первичной энергии в мире и в обозримом будущем мир по-прежнему будет находиться в зависимости от угля как одного из источников энергии.

В обозримом будущем основные промышленно развитые страны мира, страны с формирующимся рынком и переходной экономикой - т.е. вся мировая экономика - будут находиться в зависимости от угольных энергетических ресурсов. В настоящее время за счет поставок угля покрывается 25% глобальных потребностей в первичной энергии, 40% глобальных потребностей, связанных с производством электроэнергии, и почти 70% энергетических потребностей мировой черной металлургии и алюминиевой промышленности. Согласно прогнозам Международного энергетического агентства (МЭА) в странах с формирующимися рынками спрос на энергию к 2030 году увеличится на 93%, в первую очередь за счет роста спроса в Китае и Индии, и, как ожидается, именно уголь явится основным энергоносителем, благодаря которому будет обеспечено удовлетворение растущего спроса.

Одной из основных причин, ограничивающих добычу полезного ископаемого при неизбежном углублении горных работ, является высокая метанообильность угольных пластов и пород. Технические возможности современных очистных комплексов значительно превышают максимально допустимую нагрузку на лаву по газовому фактору. В таких условиях применение дегазации является важным технологическим процессом, который позволит снизить поступление метана в горные выработки, увеличить нагрузку на очистной забой и повысить безопасность ведения горных работ.

Вместе с тем эффективное управление газовой средой не ограничивается проблемами безопасности. После выброса в атмосферу метан навсегда утрачивается как энергоресурс. Поступающие в атмосферу выбросы усугубляют парниковый эффект. Эти проблемы могут быть решены параллельно в рамках эффективных и скоординированных мероприятий по созданию отдельной метанодобывающей отрасли.

Предварительная дегазация является единственным способом снижения метаноносности обрабатываемого угольного пласта до начала ведения горных работ. В некоторых случаях предварительную дегазацию необходимо проводить для снижения выбросоопасности. Поскольку дегазация проводится до начала ведения горных работ, вероятность нарушения систем сбора газа в результате сдвига горных пород отсутствует, при этом, обычно извлекается газ относительно высокого качества.

Интенсивное газовыделение указывает на высокую степень проницаемости пласта и наличие возможностей для проведения эффективной предварительной дегазации и утилизации газа. Факторами, которые в конечном итоге определяют возможность предварительной дегазации в условиях конкретного объекта, являются имеющееся время для достижения желаемого уровня каптажа метана и расходы на бурение и оборудование скважин.

Преимущества «поверхностных» методов, заключаются в том, что дегазация может проводиться независимо от горных работ, однако возможность их применения зависит от глубины бурения, сплошности и проницаемости угля, а также от любых ограничений, обусловленных топографическими факторами или наличием поверхностных сооружений.

Для повышения эффективности дегазации угленосных толщ и улучшения извлечения метана разработан способ поверхностной дегазации газоносных угольных пластов.

В основу предлагаемого способа поставлена задача совершенствования способа дегазации газоносных месторождений, в котором введением новых технологических параметров, достигается возможность увеличивать разрежения в пределах данной секции, уменьшение трудоемкости изготовления и монтажа обсадной и отсасывающих труб в скважине, повышение эффективности дегазации и снижение удельных экономических затрат.

Задача решается тем, что в известном способе дегазации газоносных месторождений, включающем бурение и герметизацию устья дегазационной скважины, обсадку скважины перфорированной трубой, в которую установлена отсасывающая труба, подключенная через дегазационный трубопровод к вакуум-насосу, в процессе эксплуатации скважины в обсадную трубу вводят отсасывающую трубу, составленную из соединительных секций труб меньшего диаметра, первая из которых является перфорированной и имеет уплотнение с обеих сторон.

Применение данного способа дегазации, по мнению авторов, несмотря на повышение металлоемкости процесса, должно в значительной степени снизить себестоимость и повысить качество извлекаемого газа. Минимизация подсосов в районе устья скважины, а также увеличение разрежения в зонах наибольшей газопроницаемости дегазируемых пород дает возможность получать смесь с концентрацией метана не менее 45%, а также способствует повышению безопасности труда и повышению эффективности добычи полезных ископаемых.



Дегазация угленосных толщ скважинами, пробуренными с поверхности, находит применение практически во всех основных угледобывающих странах мира (США, КНР, Германия, Россия, Польша, Чехия и др.).

Опыт промышленно развитых стран показывает, что инвестиции в передовые технологии дегазации позволяют значительно повысить экономическую эффективность угольных шахт за счет уменьшения простоев, обусловленных превышением ПДК метана в очистных и подготовительных забоях, а также создать возможности для утилизации большего объема газа и сократить выбросы метана в атмосферу.

УДК 622.647

**Доброногова В.Ю. , аспирантка**

*(Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск)*

### **ОБОСНОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ НАТЯЖНЫХ УСТРОЙСТВ ЗАБОЙНЫХ СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ**

В большинстве современных забойных скребковых конвейеров монтажное натяжение осуществляется с помощью привода. При этом уровень натяжения практически не контролируется. Излишнее натяжение тягового органа (ТО) приводит к повышенному износу шарниров цепей, их усталостному износу, а также к повышенному потреблению энергии. При недостаточном натяжении образуется «слабина» с провисанием участков цепей, что приводит к заштыбовке нижней ветви ТО. Также возможны функциональные нарушения при передаче на звездочке тягового усилия, которые сопровождаются соскоком цепей, образованием «жучков» и т.д.

Существующие гидравлические натяжные устройства (ГНУ) предназначены исключительно для проведения монтажного натяжения, однако их конструктивное исполнение, в принципе, позволяет выполнять дополнительные функции, такие как: регулирование натяжения при установившемся движении, оперативную защиту от экстренных перегрузок. Возможность и целесообразность расширения функций ГНУ нуждается в обосновании.

Проведенные нами теоретические и экспериментальные исследования, а также накопленный опыт эксплуатации конвейеров с ГНУ показали, что регулирование натяжения, которое заключается в поддержании натяжения на заданном минимальном уровне, позволяет существенно увеличить ресурс ТО по износу шарниров. Например, для конвейера СП 250.11 в реальных условиях эксплуатации – в 1,5...2,9 раз. Потребление электроэнергии при изогнутом в профиле ставе конвейера, который в реальных условиях имеет форму близкую к пилообразной, снижается в 1,2...2 раза.

При резком стопорении ТО ГНУ, выполняющее функцию оперативной защиты позволяет снизить максимальные нагрузки в силовой системе на 15%. В случае же своевременного отключения приводных двигателей, которое следует после срабатывания предохранительных клапанов ГНУ, максимальные усилия снижаются до вполне приемлемых значений.

Таким образом, при рациональных значениях конструктивных параметров, параметров настройки предохранительных клапанов и законов регулирования натяжения многофункциональное ГНУ может служить эффективным средством повышения технического уровня скребкового конвейера.

**Коровяка Е.А., к.т.н., Сикора Е.И., Киселева И.В., студентки**  
(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск)

## **ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ВСКРЫТИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫМ УКЛОНОМ ЖЕЛТОРЕЧЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД**

Рациональная отработка запасов таких месторождений как Желтореченское требует принятия соответствующих решений не только при выборе экономически целесообразных систем разработки рудных тел, но и схем вскрытия. На большинстве рудников осуществляется совершенствование технологии разработки рудных месторождений за счет применения современного самоходного оборудования для очистной выемки, подземного транспорта и выдачи руды на поверхность. Приоритетным направлением для эффективного использования самоходного оборудования является вскрытие месторождений на глубине до 400-500 м наклонными съездами.

Желтореченское месторождение характеризуется богатыми железными рудами, которые представлены в виде штокообразных и пластообразных рудных тел. На месторождении известно 14 залежей этих руд. Наиболее крупной является «Главная залежь», заключающая около 75% учтенных запасов богатых железных руд. Длина залежи достигает 480м, мощность 30м. Среднемассовая доля железа - 55,3%.

В настоящее время главная железорудная зона месторождения вскрыта с поверхности тремя основными стволами шахт: «Новая», «Новая-Глубокая», «Ольховская» и двумя вспомогательными стволами шахт: «Южная-Вентиляционная» и «Северная-Дренажная».

Вскрытие запасов магнетитовых кварцитов Западного пласта и запасов богатых и бедных железных руд в поле шахты «Новая» в рассматриваемом интервале глубин предусматривается выполнять в увязке с фактическим положением горных работ. Запасы, рассматриваемые в данных проработках, предусматривается вскрывать путем дальнейшей углубки стволов шахт «Новая», «Северная-Дренажная» и проходкой нового вентиляционного ствола «Северная-Вспомогательная» на северном фланге рассматриваемых запасов. Отработка месторождения железных руд осуществлялась этажно-камерной системой с отбойкой руды из подэтажных и этажных штреков (ортов).

Для доставки самоходного оборудования на доставочные, буровые и подэтажные выработки предусматривается проходка с поверхности наклонного съезда.

Также проектными решениями вскрытия Желтореченского месторождения предусмотрено проходку вспомогательного автотранспортного уклона для передвижения самоходных машин и доставки материалов на буровые и подэтажные выработки.

Для обоснования рациональных параметров автотранспортного уклона необходимо выполнить комплексные научно-технические исследования, учитывающие адаптационные возможности самоходного оборудования, выбрать оптимальную величину продольного уклона, грузоподъемность автосамосвалов и число однополосных уклонов.

Рекомендуемые параметры автотранспортных уклонов представлены в таблице 1.

Таблица 1. - Параметры вспомогательных автотранспортных уклонов

Грузопоток за весь срок службы рудника, млн.т	до 10
Срок службы транспортной выработки	свыше 15
Максимальная масса груженых машин, т.	80
Тип дорожного покрытия	щебенка с пропиткой раствором
Толщина дорожного покрытия, мм	300
Уширение дорожного полотна машин, мм	800
Максимальная скорость движения на прямых протяженных участках км/ч	20
Коэффициент ходового сопротивления движению	0,025 - 0,04

Анализируя приведенные в таблице данные можно выделить основные параметры, характеризующие область применения самоходного оборудования и автотранспортный уклон: объем транспортируемой горной массы; величина продольного уклона автодорог; скорость движения автосамосвалов, мощность двигателей, по которым оценивают уровень затрат и эффективность проектных решений. Так как величина продольного уклона автодороги не имеет четкого нормативного ограничения и закладывается из паспортных данных машин, его установление является основой для определения рациональных параметров схемы вскрытия и увеличения эффективности применения самоходного оборудования.

Для обоснования рациональных параметров автотранспортного уклона необходимо установить максимальное значение угла подъема, который может преодолеть автомобиль по условиям сцепления его ведущих колес с опорной поверхностью [1]. При этом, согласно рис.1 уравнение равновесия системы примет вид:

$$Z_1L - M_{f1} - M_{f2} - P_j h_g - G \cos \alpha - G h_g \sin \alpha = 0 \quad (1)$$

где:  $Z_1$  – суммарные радиальные реакции;  $M_{f1}$  и  $M_{f2}$  – моменты сопротивления качению колес передней и задней осей;  $P_j$  – силы сопротивления качению колес;  $h_g$  – высота расположения центра тяжести;  $G$  – вес самоходного оборудования;  $a$  – расстояние от передней оси к центру тяжести;  $\alpha$  – угол подъема дорог.

После преобразований уравнения (1), принимая движение с установившейся скоростью и пренебрегая сопротивлением воздуха ( $P_w = 0$ ), в связи с малым значением скорости автомобиля, получим выражение для определения максимального значения угла подъема:

$$\tan \alpha_{max} = \frac{(\varphi + f)a - f[L - (\varphi + f)r_k]}{L - (\varphi + f)h_g}$$

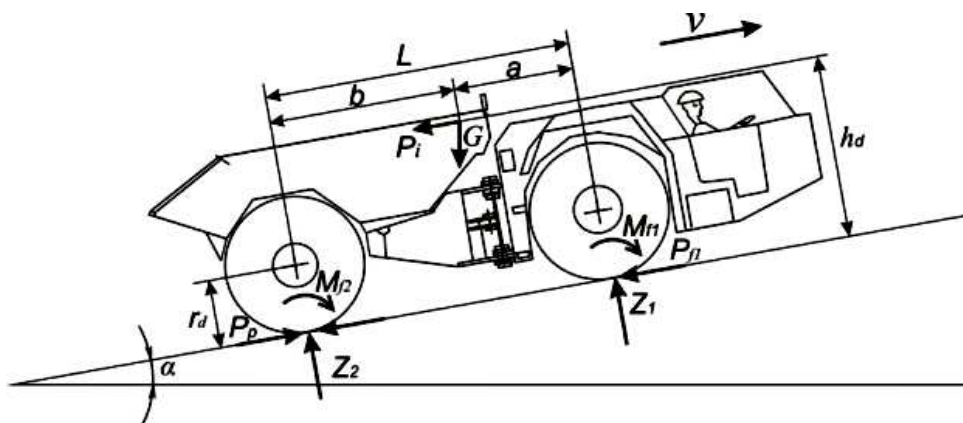


Рис. 1. Схема сил, моментов и реакций, действующих на автомобиль при его ускоренном движении на подъем

В результате выполнения исследований по определению технических и технологических параметров автотранспортного уклона Желтореченского месторождения планируется установить зависимости, которые описывают функциональные связи показателей технической эффективности самоходного оборудования и производственной деятельности горного предприятия.

#### Перечень ссылок:

1. Чудаков Е.А. Теория автомобиля / Избранные труды. – Том1. . – М.:Машиностроение, 1961. – 459с.

**Кечін М.О., аспірант**

*(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ)*

### **АКТУАЛЬНІСТЬ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ДІЛЬНИЧНИХ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ПРИ МОНТАЖІ ОЧИСНИХ КОМПЛЕКСІВ ПІДВІСНИМИ МОНОРЕЙКОВИМИ ДОРОГАМИ**

З впровадженням високопродуктивних очисних комплексів нового покоління на більшості перспективних шахт Західного Донбасу відмічено підвищення темпів посування очисних вибоїв до 150 – 200 м/міс. Згідно з діючими нормами при відпрацюванні запасів вугілля довгими стовпами за падінням (підняттям) необхідно забезпечувати темпи проведення підготовчих виробок у межах 190 – 250 м/міс. Для комбайнового способу проведення виробок такі темпи є нормативними, але наявність незапланованих простоїв підготовчих вибоїв з транспортних причин значно збільшує терміни підготовки нових виїмкових стовпів. Шахтними дослідженнями встановлено, що однією з основних причин нестабільної роботи системи допоміжного транспорту при проведенні підготовчих виробок є знакозмінний профіль рейкової колії від періодичного здимання порід підосви та низька стійкість їх кріплення.

При застосуванні традиційних схем проведення виробок з використанням надгрунтових видів рейкового транспорту в результаті здимання порід підосви в більшості випадків знижуються коефіцієнт використання прохідницького комбайна та експлуатаційну його продуктивність, що викликає проблеми своєчасної підготовки запасів до очисного виймання.

Зарубіжний досвід підготовки запасів вугілля в умовах інтенсифікації гірничих робіт підтверджує, що при комбайновому способі проведення виробок для вирішення цієї проблеми необхідно здійснити технічне переозброєння технологічних схем допоміжного транспорту шляхом використання транспортних засобів з високою адаптаційною здатністю. До таких засобів належать сучасні дизельні підвісні монорейкові дороги (ПДМ). В Україні ПДМ використовуються переважно на шахтах, де розробляються вугільні пласти із стійкими і середньої стійкості боковими породами, що обмежує область ефективного їх використання.

Експериментально доведено, що для ефективного використання підвісних монорейкових доріг в умовах шахт Західного Донбасу необхідно комплексно вирішувати не тільки наслідки здимання порід підосви, але й зниження трудомісткості робіт при розвантаженні-навантаженні допоміжних матеріалів та витрати часу на здійснення маневрових операцій – заміну навантажених вагонів на порожні.

Для своєчасного забезпечення монтажних-демонтажних робіт при інтенсивному відпрацюванні запасів вугілля в складних гірничо-геологічних умовах необхідно також розробити транспортно-технологічну схему відпрацювання пологих вугільних пластів, яка б передбачала синхронне виконання робіт з видобутку вугілля у діючому виїмковому стовпі та спорудження монтажної камери у наступному. Для підвищення темпів виконання монтажних робіт пропонується одночасне виконання робіт з проведення просіку і розширення його в монтажну камеру, а також монтаж секцій механізованого кріплення з середини монтажної камери в напрямку відпрацьованого виїмкового стовпа.

З метою ефективного використання високоадаптивних здібностей дизельних ПДМ рекомендується демонтовані секції доставляти у нерозібраному стані по вентиляційному хіднику виїмкового стовпа, що доробляється, а при завершенні спорудження монтажної камери продовжити їх доставку та одночасний монтаж у протилежних напрямках.

Таким чином, за рахунок високих адаптивних спроможностей підвісних монорейкових доріг при сполученні часу спорудження монтажної камери та монтажу очисного обладнання з відпрацьованого очисного вибою передбачається скоротити загальні витрати часу на

підготовку запасів та підвищити продуктивність ведення гірничопідготовчих робіт при видобутку вугілля з пологих пластів.

Переваги цього перспективного виду транспорту підтверджені результатами досліджень експлуатаційних характеристик ПДМ на шахтах Красноармійського регіону Донбасу. Встановлено, що при виконанні гірничо-підготовчих робіт основними причинами збільшення часу простоїв та енерговитрат на переміщення вантажів уздовж виробки є малодосліджені процеси взаємодії ПДМ з арочним кріпленням та масивом гірських порід.

Тому, при обґрунтуванні та розробці високоадаптованих енергозберігаючих технологічних схем та методів організації проведення підготовчих виробок із застосуванням ПДМ вперше пропонується розглядати процеси їх взаємодії як систему «масив гірських порід – арочне кріплення – підвісна монорейкова дорога». Системний підхід підтверджує важливість такого наукового напрямку та актуальність його для вугільної промисловості України.

УДК 622.68:621.86.016

**Ширин Л.Н., д.т.н., Денищенко А.В., к. т.н., Юрченко О.О., аспірант**  
(Государственное ВУЗ “Национальный горный университет”, г. Днепропетровск)

### **ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЯ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ НЕРУДНЫХ КАРЬЕРОВ**

В настоящее время основными целями для горных предприятий являются снижение себестоимости добычи полезного ископаемого, повышение качества продукции, увеличение прибыли, повышение эффективности капитальных затрат. Решение данных проблем зависит от применяемых комплексов оборудования и технологических схем добычи и переработки полезного ископаемого. Одним из основных условий эксплуатации в промышленности новых средств механизации является экономическая эффективность, определяемая сопоставлением технико-экономических показателей. Эффективность использования средств комплексной механизации при сравнении возможных вариантов может измеряться также с помощью технических, экологических, социальных показателей, однако предпочтение отдается критериям экономической эффективности, которые позволяют оценить технические решения наиболее всесторонне [1, 2].

Цель работы – обоснование комплексного критерия эффективности на основе энергетической и денежной оценки на предпроектной стадии проектирования, всесторонне характеризующего эффективность разработки месторождения полезных ископаемых, а также выбора транспортно-технологических схем, по возможности использующего натуральные показатели.

Суть предложенного критерия заключается в сравнении вариантов путем определения степени соответствия сопоставляемых вариантов эталонному варианту. Наилучшим значением критерия является единица, в том случае, когда одному из рассматриваемых вариантов присущи наибольшие результаты при наименьших затратах, т.е. данный вариант соответствует эталонному, для которого характерны максимальные значения всех возможных результатов, а в составе затрат наименьшее количество статей затрат с минимальными значениями.

Предложенный комплексный критерий К можно представить с помощью следующего выражения

$$K = \frac{(\sum_{i=1}^n Q_i \Pi_i - C_n)}{(\sum_{i=1}^n Q_{эi} \Pi_i - C_{нэ})} \rightarrow 1 \quad 1)$$

где  $Q_i$  – объем реализации  $i$ -ой продукции, ед.;  $\Pi_i$  – цена единицы  $i$ -ой реализованной продукции, грн.;  $C_n$  – полная себестоимость реализованной продукции, грн.;  $Q_{эi}$  – эталонный объем реализации  $i$ -ой продукции, ед.;  $C_{нэ}$  – полная себестоимость реализованной продукции эталонного варианта, грн.

Для сравнительной оценки вариантов транспортных систем предложенный критерий будет использован для условий, когда конкурирующие варианты характеризуются: неизменным количеством и ценой производимой продукции; равными затратами на сбыт; использованием собственных средств.

Таким образом производить оценку транспортных систем открытых горных работ следует с использованием следующего выражения

$$K = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \Delta q_{m,i} \Pi_{m,i} + \sum_{i=1}^n \Delta q_{m,i} \Pi_{m,i} + \sum_{n=1}^m \Delta q_{эл,n} k_{mn} \Pi_{эл,n} + \sum_{i=1}^n Q_{эi} \Pi_i - (\sum_{i=1}^n q_{m,i} \Pi_{m,i} + \sum_{i=1}^n q_{m,i} \Pi_{m,i} + \sum_{n=1}^m q_{эл,n} k_{mn} \Pi_{эл,n} + \sum_{i=1}^n \Delta \Pi_{об,i} H_{a,i} + \sum_{i=1}^n \Delta t_{p,i} (1 + \alpha_c) \Pi_{p,i}}{\sum_{i=1}^n \Delta \Pi_{об,i} H_{a,i} + \sum_{i=1}^n t_{p,i} (1 + \alpha_c) \Pi_{p,i}} \rightarrow 1 \quad 2)$$

где  $q_{m,i}$  - количество израсходованного  $i$ -го материала, кг (шт.);  $q_{m,i}$  - количество затраченного  $i$ -го топлива, кг.;  $q_{эл,n}$  - количество электроэнергии, потребленной в  $n$ -ой тарифной зоне, кВт·ч;  $k_{m,n}$  - тарифный коэффициент  $n$ -ой зоны;  $H_{a,i}$  - норма амортизации для  $i$ -го оборудования;  $t_{p,i}$  - время работы персонала  $i$ -ой квалификации, ч.;  $\alpha_c$  - норма отчислений на социальное страхование;  $\Pi_{m,i}$  - цена  $i$ -го материала, грн./кг (грн./шт.);  $\Pi_{m,i}$  - цена  $i$ -го топлива, грн./кг;  $\Pi_{эл,n}$  - стоимость электроэнергии, грн./кВт·ч;  $\Pi_{об,i}$  - цена  $i$ -го оборудования, грн./ед.;  $\Pi_{p,i}$  - тарифная ставка оплаты труда рабочих  $i$ -ой квалификации, грн./час.

В табл. 1. Приведены условия выбора эффективной транспортно-технологической схемы в зависимости от значения предложенного критерия.

Таблица 1 – Эффективность в зависимости от значения критерия

Значение комплексного критерия по отношению			Вариант экономически
к эталонному варианту	к другим вариантам с учетом действующих цен	к другим вариантам с учетом прогнозных цен	
K=1	K=K <sub>max</sub>		<i>эффективный</i> при любых ценах
K<1	K=K <sub>max</sub>		<i>эффективный</i> при действующих и прогнозных ценах
	K=K <sub>max</sub>	K≠K <sub>max</sub>	<i>эффективный</i> при действующих ценах, вместе с тем возможно снижение экономической эффективности по сравнению с другими вариантами при сохранении тенденции изменения цен
	K≠K <sub>max</sub>	K=K <sub>max</sub>	<i>неэффективный</i> при действующих ценах, в тоже время возможно достижение наибольшей сравнительной эффективности при сохранении тенденции изменения цен
	K≠K <sub>max</sub>	K≠K <sub>max</sub>	<i>неэффективный</i> при любых ценах

$K_{max}$  – наибольшее значение комплексного критерия из тех, что имеются у сравниваемых вариантов

Вывод. Выбор эффективной транспортно-технологической схемы с использованием разработанного критерия в полной мере соответствуют выбору по показателю чистая прибыль, при этом критерий является менее сложным для расчета, чем чистая прибыль, но в тоже время более емким по сравнению с натуральными показателями.

### Перечень ссылок

1. Проектирование карьеров / Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В., Коваленко В.С. – 3-е изд. перераб. – М.: Высшая школа, 2009. – 694 с.
2. Моссаковский Я. В. Экономика горной промышленности / Я. В. Моссаковский. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. – 525 с.

УДК 621.85.01

Лубенец Н.А., к.т.н., Лубенец Т.Н. студентка

(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск)

### ОБ РЕАЛИЗАЦИИ ТЯГОВОГО УСИЛИЯ ТРЕНИЕМ

Передача тягового усилия гибкому телу трением осуществляется за счет силы трения, возникающей между ним и поверхностью приводного барабана или шкива трения. Конвейерная лента, обычно, огибает один или два приводных барабана с углом от 180 до 240 градусов, а трос огибает шкив до 900 и более градусов. Реакция между телами достигается натяжением гибкого тела, см. рис. 1.

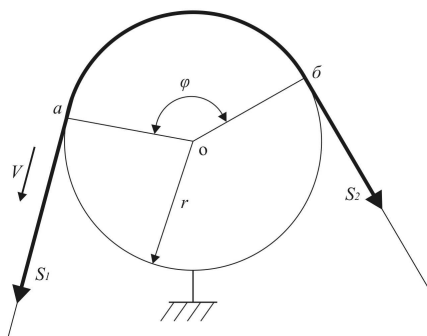


Рис. 1. Расчетная схема:  $S_2$ ,  $S_1$  – натяжения в набегающей и сбегающей с барабана ветвях гибкого тела;  $r$  – радиус барабана;  $\varphi$  – угол обхвата барабана гибким телом;  $v$  – направление и скорость движения гибкого тела.

В основе передачи тягового усилия гибкому телу лежит известный закон трения гибких тел Эйлера (формула Эйлера), открытый в 1775 году [1-3], согласно которому гибкое тело (идеальная нить) под действием приложенных к ее концам сил  $S_1$  и  $S_2$  скользит по неподвижному блоку в направлении большей силы, превышающей другую силу на величину суммарной силы трения, которая возникает между нитью и неподвижным блоком, а

$$\frac{S_1 - q \cdot v^2}{S_2 - q \cdot v^2} = e^{\omega \cdot \varphi},$$

где  $S_1$  – натяжения в сбегающей с блока ветви идеальной нити;  $S_2$  – натяжение в набегающей ветви идеальной нити;  $\varphi$  – угол обхвата барабана идеальной нитью;  $\omega$  – коэффициент трения

скольжения между идеальной нитью и блоком,  $v$  – скорость скольжения нити;  $q$  – линейная масса идеальной нити.

Поэтому в режиме сцепления конвейерной ленты конвейера и барабана [4]

$$S_{2min} = \frac{F_0 \cdot k_T}{(e^{\omega\varphi} - 1)},$$

где  $S_{2min}$  – минимальное усилие натяжения конвейерной ленты в сбегавшей с барабана ветви;  $F_0$  – передаваемое тяговое усилие;  $k_T$  – коэффициент запаса тяговой способности.

Следовательно, предполагается, что для передачи тягового усилия необходимо обеспечить лишь усилие натяжения гибкого тела в сбегавшей с барабана ветви. При этом не регламентируется усилие натяжения в набегавшей на барабан ветви, от которого зависит реакция между гибким телом и барабана, что вызывает сомнение.

Кроме того, в практике действующих расчетов конвейеров коэффициент запаса тяговой способности выбирают с запасом до 40% от необходимого в режиме скольжения и не учитывают центробежные силы конвейерной ленты [4].

Согласно данным Андреева А.В. [2] сила трения между барабаном и конвейерной лентой конвейера, полученная экспериментально, намного выше (до 30%) в сравнении с его расчетным значением, полученным по формуле Эйлера. Следовательно, известный коэффициент запаса тяговой способности на 75% необходим для компенсации неправильности формулы Эйлера и лишь оставшиеся 25% – для запаса.

А как осуществлять тяговые расчеты других машин с другими параметрами трения гибкого тела, например подъемных машин? Какое принимать значение коэффициента запаса тяговой способности для них? Очевидно, актуально знать правильное влияние параметров трения гибкого тела по блоку на передачу ему тягового усилия трением.

Целью работы является установление влияния параметров трения гибких тел по блоку на передачу тягового усилия гибкому телу трением.

Однако действующие подходы в передаче тягового усилия гибкому телу основаны на устаревших представлениях Эйлера о трении (закон о прямой пропорциональности между силой трения и нормальной реакцией между телами) и не учитывают принципов сохранения энергии. Это обстоятельство привело к ошибочности формулы Эйлера, что подтверждается практикой [2] и не описывает условий, когда одно из усилий, приложенных к одному из концов гибкого тела, находится в пределах от нуля до  $q \cdot v^2$ .

Все это породило сомнение в правильности закона трения гибких тел Эйлера и, отвечающее ему необходимое условие для передачи заданного тягового усилия гибкому телу – минимальное усилие натяжения гибкого тела в сбегавшей ветви [4].

Поэтому с 2007 года было предложено новое решение задачи Эйлера, которое учитывает изменившиеся после вывода формулы Эйлера представления о трении и открытый в 19 столетии закон сохранения энергии [5].

Согласно ему

$$\frac{2 \cdot (S_1 - S_2)}{S_1 + S_2 - 2 \cdot q \cdot v^2} = \varphi \cdot \omega - const.$$

Новое решение классической задачи Эйлера преодолевает противоречия между накопившимися данными практики и формулой Эйлера [2].

Следовательно, для передачи заданного тягового усилия гибкому телу в режиме сцепления достаточно с некоторым запасом обеспечить необходимую реакцию между телами, что достигается натяжением гибкого тела

$$S_1 + S_2 = \frac{2 \cdot F_0 \cdot k_T}{\omega \cdot \varphi} + 2 \cdot q \cdot v^2.$$

Полученное выражение хорошо согласуется с современными представлениями о трении и практикой. Оно логично и понятно устанавливает влияние параметров трения гибких тел по блоку на передачу ему тягового усилия трением, что позволит производить объективный тяговый расчет машин с гибким тяговым органом.



## Перечень ссылок

1. Колчин Н.И. Механика машин. Т2. Кинестатика и динамика машин. Трение в машинах / Колчин Н.И. - Л.: Машиностроение, 1972. - 455 с.
2. Андреев А.В. Передача трением / Андреев А.В. – М.: Машгиз, 1978. – 176 с.
3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для вузов. / Тарг С.М. – [12-е изд.] – М.: Высш. шк., 1998. – 416 с.
4. Біліченко М.Я. Основи теорії та розрахунки засобів транспортування вантажів шахт: Навч. посібник / Біліченко М.Я. – Д.: Національна гірнича академія України, 2002. – 103 с.
5. Лубенец Н.А. Альтернативный формуле Эйлера закон реализации тягового усилия трением / Лубенец Н.А.// Науковий вісник НГУ. – Д., 2008. – № 11.- С. 67 – 70.

УДК 622.272

**Шипунов С. О., аспирант**

*(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск)*

### **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОБЫЧИ РУДЫ НА ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРАХ УКРАИНЫ**

Добыча железной руды в Украине осуществляется на карьерах крупнейших горно-обогатительных комбинатов производственной мощностью 15,0–42,0 млн. т в год. С увеличением глубины разработки на всех карьерах введена циклично-поточная технология (ЦПТ) с комбинированным транспортом при производительности конвейерных трактов 15,0–20,0 млн. т в год. Развитие ГПК Украины сопровождается следующими негативными проявлениями: постоянное увеличение глубины разработки, что обуславливает увеличение объёмов вскрышных работ, увеличение длины и стоимости транспортирования горной массы, снижение производительности труда и рост стоимости горнотранспортного оборудования; существенно сократилось производство вскрышных работ, что обусловило снижение подготовленных к выемке запасов, сокращение рабочих площадок и увеличение текущего коэффициента вскрыши; большинство оборудования морально и физически изношено (70...100%), что обуславливает необходимость поддержания излишних производственных мощностей.

С целью установления перспективных направлений развития открытых горных работ на железорудных карьерах Украины в работе проведен сравнительный анализ различных видов технологии и горнотранспортного оборудования по ряду показателей, определяющих их техническое совершенство и эффективность применения в различных горнотехнических условиях. Обоснованы перспективные виды горнотранспортного оборудования и технологии для эффективной добычи руды на железорудных карьерах Украины.

В качестве основных показателей для оценки перспективности были обоснованы и приняты следующие показатели: кинематические и силовые возможности разработки взорванных скальных пород; степень непрерывности выполнения технологических процессов выемки и погрузки горной массы; совершенство конструкции, определяемое зависимостью массы от производительности; энергоёмкость процесса выемки и погрузки горной массы в забое.

В результате сравнительной оценки и анализа работы рассмотренных видов выемочно-погрузочного оборудования установлено, что наиболее перспективным выемочно-погрузочным оборудованием является экскаватор непрерывного действия.

Выбор перспективных видов транспорта был проведен исходя из условия их применения на глубоких карьерах. В настоящее время на железорудных карьерах получили распространение следующие виды карьерного транспорта: железнодорожный; автомобильный; конвейерный; комбинированный. Более перспективным направлением является применение комбинированного транспорта, предусматривающего совместную работу циклического и непрерывного видов транспорта в различном сочетании в схемах ЦПТ. Перспективным направлением является создание отечественных и применение зарубежных крутонаклонных ленточных конвейеров с углом подъема  $30...40^{\circ}$  и мобильных перегрузочных пунктов в составе экскаватора непрерывного действия и грохотильно-дробильного перегружателя в схемах ЦПТ. Наиболее эффективным направлением в области транспорта на железорудных карьерах Украины является применение непрерывного транспорта крупнокусковой скальной горной массы ленточными конвейерами (в сочетании с экскаваторами непрерывного действия и грохотильно-дробильными перегружателями), обеспечивающими создание высокопроизводительного непрерывного потока горной массы от забоя до обогатительной фабрики или отвала в схемах поточной технологии.

При выборе перспективной технологии для сравнения были приняты следующие виды технологии: ЦТ, нетрадиционные, комбинированные, ЦПТ и поточная технология (ПТ) с комплексами машин непрерывного действия. Установлено, что основным направлением развития технологии открытых горных работ на железорудных карьерах Украины по мере увеличения глубины разработки является последовательный переход от ЦТ к применению комплексов машин непрерывного действия в схемах ЦПТ и ПТ. Внедрение ПТ с комплексами машин непрерывного действия для разработки взорванных скальных пород обеспечивает создание непрерывного высокопроизводительного потока горной массы от забоя до обогатительной фабрики или отвала, повышение производительности труда в 2,0...2,8 раза, снижение металлоемкости, энергопотребления и себестоимости на 20...40%. При этом существенно уменьшаются вредные выбросы автосамосвалов, а также сокращается количество эксплуатируемых автосамосвалов и улучшаются условия труда по сравнению с циклической и циклично-поточной технологиями.

УДК 622.272

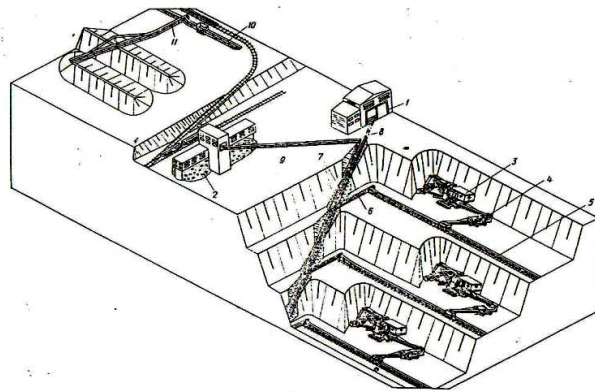
**Ермак И.В., аспирант**

*(Государственное ВУЗ “Национальный горный университет”, г. Днепропетровск)*

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ КОРОТКОЗВЕННЫХ КОНВЕЙЕРОВ ПРИ ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ СКАЛЬНЫХ ПОРОД**

В мировой практике конвейеры применяются в различных отраслях от пищевой промышленности до тяжелого машиностроения. Но одним из самых главных направлений является горная отрасль.

С каждым годом потребность в этом оборудовании на горных предприятиях растет и перед ними ставятся новые задачи, которые необходимо решать. Так как многие горные предприятия переходят от циклической схемы разработки к циклично-поточной и в последующем, как показали исследования ИГТМ, наиболее эффективной схемой будет поточная схема разработки. Она имеет гораздо более высокие показатели эффективности, чем предыдущие схемы. Поточная схема представлена на рисунке 1.



1-обогащительная фабрика; 2-перезуочный пункт; 3-экскаватор непрерывного действия; 4- забойный перегружатель; 5,6,7,8,9,10 - конвейеры забойный, поперечный (торцовый), подъемный, магистральный, отвальный; 11 - отвалообразователь.

Рис.1. Принципиальная схема поточной технологии с комплексами машин непрерывного действия.

Например, на открытых горных предприятиях, которые разрабатывают скальные горные породы, проводятся буровзрывные работы и при их ведении невозможно размещать в забое стандартный ленточный конвейер, так как он может быть поврежден разлетевшейся породой. В таких случаях для сохранения поточной или циклично-поточной схемы транспортировки уместно применять короткозвенные мобильные конвейеры.

Эти машины способны в кратчайший срок переместиться в безопасную зону при проведении буровзрывных работ, что существенно снижает время простоя, а также короткозвенные мобильные конвейеры имеют более высокую гибкость расположения, что повысит производительность поточной или циклично-поточной системы разработки.

Данные машины нашли широкое применение на следующих зарубежных горнодобывающих предприятиях:

- на карьере меднорудного предприятия «Твин-Бьюттс» (США) для транспортирования горной массы от забоя к магистральному конвейеру применяются забойные конвейерные линии, состоящие из короткозвенных автономных секций длиной 32 м. Каждая секция смонтирована на сварной раме из труб. Ширина ленты забойных конвейеров составляет 1000 мм. Четыре – пять забойных конвейерных линий подают горную массу на магистральный конвейер. Производительность системы 6 – 8 тыс. т/ч;

- на разрезе «Пантер-Велли» (штат Пенсильвания, США) для транспортирования вскрышных пород из забоя к подъемной конвейерной линии успешно применяются мобильные короткозвенные конвейеры длиной по 30,5 м каждый. Конвейеры перемещаются по разрезу с помощью погрузчиков. Скорость транспортирования 2,46 м/с, производительность 1200-1600 т/ч;

- в 2004 году на карьере Серо Колорадо в Чили была установлена система 180/200' Radial Stacker;

- в 2007 году на карьере Freeport McMoRan в Аризоне США был установлен мобильный конвейер с производственной мощностью 7000 т/ч;

- в 2009-10 года были установлены 2 системы мобильных конвейеров в Саудовской Аравии производительностью 1500т/ч.

А также есть много других предприятий, которые успешно используют данный тип машин. Пример таких машин изображен на рис. 2.

Но, к сожалению, на территории Украины данные машины не приобрели особой популярности, а точнее сказать, подобных комплексов нет в нашей стране. Хотя необходимость в этих машинах есть, особенно в условиях Криворожского железорудного

бассейна. Они могли бы уменьшить время простоя карьеров от 10-15% во время буровзрывных работ, что могло бы повысить производительность и рентабельность наших украинских предприятий. Также данные машины имеют повышенную гибкость при сложном фронте работ по сравнению с простыми ленточными конвейерами.



Рис. 2. Схема использования короткозвенных мобильных конвейеров

Одним из основных направлений совершенствования открытых горных работ является применение мобильных короткозвенных конвейеров в схемах поточных технологий. Разработка технологических схем применения и обоснование их рациональных параметров является актуальной задачей, требующей дальнейших детальных исследований.

УДК 622.324.5:347.249

**Сорбат Ю.В., ассистент**

*(Государственное ВУЗ “Национальный горный университет”, г. Днепропетровск)*

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ**

На газообильных шахтах Украины проводятся дегазационные работы для обеспечения безопасности труда горнорабочих и повышения продуктивности добычных участков. Полученный при этом газ используют для заправки поверхностного транспорта горных предприятий, получения тепловой и электрической энергии.

Для безопасного транспортирования и дальнейшего использования шахтного газа необходимо производить контроль следующих параметров:

- 1) концентрация метана в газо-воздушной смеси;
- 2) влажность;
- 3) температура;
- 4) давление;
- 5) содержание твердых примесей.

Концентрация метана для безопасного транспортирования по дегазационным трубопроводам должна быть ниже или выше предела взрываемости метана, который находится в границах от 4,4 % до 17 %. Для дальнейшего концентрация метана может быть разной в зависимости от способа использования метановоздушной смеси.

Метановоздушная смесь с концентрацией ниже 4,4%, как и метан, находящийся в вентиляционном воздухе угольных шахт практически не используется, хотя уже существует несколько разработанных в этом направлении технологий. Одним из наиболее

перспективных методов использования метановоздушной смеси с низким содержанием метана считается ее подача в когенерационные установки или котлоагрегаты вместо атмосферного воздуха, необходимого для сжигания газа дегазации. При этом воздух исходящей струи шахты (с меньшей концентрацией метана) должен подаваться под большим давлением, чем сам газ дегазации (топливо). Также воздух исходящей струи шахт может использоваться для сжигания твердых видов топлива. Это позволит увеличить калорийность топливной смеси и существенно снизить выбросы парниковых газов [1].

В метановоздушной смеси, которую получают при подземной дегазации угольных шахт концентрация метана достигает 60%, но чаще ниже 25%. Согласно правилам безопасности в угольных шахтах [2] при содержании метана в трубопроводах менее 25% должны производиться меры взрывозащиты и ограничения скорости потока, которые предотвращают возникновение и распространение процессов горения метана в трубопроводе.

Газ с концентрацией более 30% используется для сжигания в котлоагрегатах или когенерационных установках, что позволяет получать тепловую и электрическую энергию.

При высоких концентрациях метана в газовой смеси (свыше 90%), которая извлекается в основном из поверхностных скважин, его можно использовать для заправки автотранспорта, производства химического сырья или продажи в газотранспортную сеть.

Влажность газовой смеси в зависимости от горно-технологических условий колеблется от 15% до 90%. На всех скважинах и в самых нижних точках по всей длине трубопровода устанавливаются сливы для периодического удаления воды из трубопровода. При применении водокольцевых вакуум-насосов влажность в газо-воздушной смеси достигает 100%. Содержание твердых примесей связано с температурой и перепадами давления при изменении сечения трубопровода.

Температура газо-воздушной смеси в трубопроводе должна поддерживаться на плюсовом уровне для предотвращения выпадения воды и газа. Если трубопровод находится на поверхности, необходимо предусматривать изоляционную поверхность для поддержания постоянной температуры газо-воздушной смеси.

При транспортировании газо-воздушной смеси по длине трубопровода наблюдается потеря давления, при этом зачастую происходит подсос воздуха на соединениях, арматуре или при наличии механических повреждений трубопровода. В то же время для стабильной работы вакуум-насосов необходимо чтобы избыточное давление на выходе из них не превышало 0,45 бар. Для поддержания стабильного давления по всей длине трубопровода необходимо своевременное проведение работ по герметизации и замене изношенных узлов. Также очень важно для стабильной концентрации метана в газо-воздушной смеси качественно производить герметизацию скважин. Если в скважину не поступает газ с необходимой концентрацией ее необходимо отключать от трубопровода.

При предварительной дегазации горного массива скважинами, пробуренными с поверхности необходимо предусматривать предотвращение оттока газа обратно в скважины. С этой целью на скважинах имеющих такую склонность необходимо устанавливать обратные клапаны. Также для скважин с высоким давлением газа обязательно наличие редуцирующих устройств, - в противном случае метан необходимо выбрасывать на свечу или факельную установку. Для отключения участков трубопроводов и автоматического отключения трубопровода, в том числе аварийного должно быть предусмотрено наличие запорной арматуры.

#### **Перечень ссылок:**

1. Довідник експлуатаційників газонафтового комплексу / В.В. Розгонюк, Л.А. Хачикян, М.А. Григіль, О.С. Удалов, В.П. Нікішин. - К.: «Росток», 1998 р. – 432 с.
2. НПАОП 10.0-1.01-10. Правила безпеки у вугільних шахтах. - К., 2010. - 432 с.

**Бобылёв А.А., к.т.н., Коптовец А.Н., к.т.н.,  
Ширин Л.Н., д.т.н., Яворская В.В., ассистент**  
(Государственное ВУЗ “Национальный горный университет”, г. Днепропетровск)

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ШАХТНОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА**

Экспериментальные и теоретические исследования работы тормозных систем подвижного состава шахтного рельсового транспорта показали, что устойчивость процесса торможения в значительной степени определяется динамическими процессами в системе «колесо – тормозной механизм». Возможно возникновение фрикционных автоколебаний при взаимодействии нормальных и тангенциальных колебаний тормозной колодки.

Математическими моделями реальных тормозных систем являются сложные нелинейные многопараметрические динамические системы. Перспективным подходом к исследованию тормозных систем является применение компьютерного моделирования, однако возникают проблемы интерпретации и анализа результатов вычислительных экспериментов. Целесообразно использовать концепцию иерархии упрощенных моделей, характерной чертой которой является наличие базовых математических моделей [1]. Исследование базовых моделей позволяет, не проходя все ступени иерархии, осмыслить природу явлений в сложных системах. Для тормозных систем базовыми моделями являются простейшие автоколебательные системы с сухим трением.

В настоящей работе рассмотрены две простейшие автоколебательные системы. Первая система имеет две степени свободы и состоит из колодки, скользящей с трением по колесу, и упругодемпфирующего элемента Фойхта, моделирующего конструктивную связь тормозного механизма. Считается, что колодка и колесо абсолютно жесткие, однако каждая контактирующая поверхность покрыта деформируемым шероховатым слоем переменной толщины. В процессе относительного движения колодки и колеса происходит смятие микронеровностей. В первом приближении нормальная компонента локальных сил взаимодействия микронеровностей считается пропорциональной величине их взаимного перекрытия. Трение между контактирующими поверхностями описывается одночленным законом Амонтона.

Предложенная математическая модель применяется для исследования фрикционных автоколебаний, возникающих при торможении. Предполагается, что колесо вращается со скоростью, изменяющейся по заданному закону. Влияние тормозных усилий на скорость колеса не учитывается. Колодка может перемещаться в нормальном и тангенциальном относительно плоскости трения направлениях. Наличие в системе конструктивной связи, направленной к плоскости трения под углом, отличным от прямого, приводит к координатной взаимосвязи нормальных и тангенциальных колебаний колодки.

Вторая простейшая автоколебательная система имеет три степени свободы и применяется для моделирования процесса торможения поезда. Её отличие от первой системы состоит в учете изменения скорости поезда при торможении. Рассматриваются два взаимосвязанных динамических процесса: торможения поезда и колебаний колодки тормозного механизма. Получено уравнение движения поезда с учетом тормозных усилий. Для определения тормозных усилий с учетом влияния на процесс торможения нормальных и тангенциальных колебаний, возникающих в тормозном механизме, в качестве динамической модели колодочно-колесного тормоза используется рассмотренная выше автоколебательная система с двумя степенями свободы.

Рассмотренные динамические системы с законом трения Амонтона относятся к классу сильно нелинейных систем. Особенностью использованного в математических моделях закона трения является его «пороговый» характер: взаимное скольжение тел начинается не при любом значении силы трения, а лишь при достижении определенного порога. Отмеченная особенность значительно усложняет построение решений рассматриваемого класса динамических задач. Возможности аналитических методов их исследования, как правило, ограничены системами с одной степенью свободы. Поэтому актуальной является разработка вычислительных алгоритмов для компьютерного моделирования и анализа колебательных систем с трением методом вычислительного эксперимента.

Для разработки вычислительного алгоритма решения динамических задач с трением используется вариационный подход. Получены вариационные формулировки задач в виде квазивариационных неравенств. Дискретизация вариационных задач по времени производилась на основе двух- и трехслойных разностных схем. Для решения полученных на каждом шаге интегрирования по времени квазивариационных неравенств использовался итерационный процесс, позволяющий свести решение задачи к решению последовательности вариационных неравенств с недифференцируемыми слагаемыми, обусловленными наличием сил трения. Построены эквивалентные вариационным неравенствам с недифференцируемыми слагаемыми задачи минимизации, решение которых получено в явном виде.

Разработана методика численного исследования динамических процессов, состоящая из двух этапов. На первом этапе с использованием разработанного вычислительного алгоритма производится решение квазивариационного неравенства. В результате вычисляются временные ряды перемещений, скоростей и ускорений масс рассматриваемой системы.

На втором этапе выполняется анализ полученных временных рядов. Производится их визуализация, строятся фазовые диаграммы в переменных «перемещение-скорость». Для определения периода колебаний разработана процедура на основе анализа автокорреляционных функций. Далее строятся сечения Пуанкаре и выполняется спектральный анализ перемещений, скоростей и ускорений.

Выполнена верификация разработанных вычислительных алгоритмов. Анализ полученных численных результатов, а также их сравнение с известными результатами показали, что разработанные вычислительные алгоритмы позволяют эффективно исследовать основные закономерности динамических процессов в тормозных системах подвижного состава шахтного рельсового транспорта.

В результате вычислительных экспериментов установлено, что предложенные математические модели, учитывающие нормальные колебания колодки, вызванные шероховатостью контактирующих поверхностей и наличием конструктивной связи между нормальными и тангенциальными колебаниями, описывают возникновение фрикционных автоколебаний в тормозном механизме в случае, когда не вводится искусственная разница между статическим и динамическим коэффициентами трения.

### **Перечень ссылок**

1. Малинецкий, Г. Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент / Г. Г. Малинецкий. – 5-е изд. – М.: Издательство ЛКИ, 2007. – 312 с.

**Федоряченко С. О., аспірант**

*(Державний ВНЗ “Національний гірничий університет”, м. Дніпропетровськ)*

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЇ ШАХНОЇ ВАГОНЕТКИ УМОВАХ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

Не дивлячись на широке застосування конвеєрного транспорту на підприємствах гірничої промисловості, основним видом транспорту на горизонтальних виробках залишається локомотивна відкатка у складі потягів із вагонетками. На даний час в Україні серійно випускаються вагонетки різних типів: УВГ, ВГ, ВБ, ВО. Дані типи характеризуються невисоким рівнем уніфікації та призначені для певних експлуатаційних умов. Проте, вимоги до безпеки та надійності цих транспортних засобів дуже високі і повинні відповідати галузевим стандартам.

Задача визначення умов експлуатації та розробки відповідних технічних заходів щодо подовження терміну служби шахтних вагонеток та підвищення безпеки займає важливе місце у рамках дотримання вимог з охорони праці та техніко-економічних показників.

Характеристикою умов робочого середовища шахтних вагонеток є висока абразивність матеріалів, що транспортуються, агресивність атмосферних суспензій, висока вологість, високі динамічні навантаження на ходову частину внаслідок недосконалості рейкового шляху і властивостей виробки. Термін експлуатації вагонеток також залежить від фізико-механічних характеристик корисних копалин. Тому забезпечення ефективної та надійної роботи вагонеток, незалежно від їх типу та виконуваної роботи в технологічному ланцюзі, потребує високої надійності і довговічності всіх конструктивних елементів. Для вагонетки вона складає 3-4 роки (при нормативі 5 років), кузова вагонеток - 2-4 роки, колісних пар - 1-2 років, зчіпки - від 6 місяців до 2 років.

Враховуючи вище зазначене можна зробити висновок, що найбільш інтенсивного зносу зазнає ходова частина вагонеток. Відновлення та ремонт парку вагонеток виконуються переважно в умовах обмеженого робочого простору на території приствольного двору. Внаслідок недостатнього обслуговування значна частина вагонеток, що потребує капітального ремонту списується з балансу раніше нормативного терміну експлуатації.

Швидкий знос і вихід з ладу буксових вузлів, деформація рами і кузова, пошкодження тягово-зчіпних пристроїв викликані динамічними навантаженнями, які виникають при роботі технологічного обладнання при існуючих характеристиках рейкового шляху. Проходження рейкових стиків та інших недосконалостей шахтного рейкового шляху характеризується найбільшою динамічною складовою.

Встановлено, що максимальна динамічна складова виникає при русі вагонетки по одиничній нерівності. При розрахунку на міцність одним з лімітуючих факторів є максимальне динамічне навантаження, що сприймається вагонеткою.

Згідно досліджень, при русі екіпажу в кривій, крім високих динамічних навантажень реборда зовнішнього колеса знаходиться у фрикційній взаємодії з внутрішньою поверхнею рейок. Реакцією рейки є «відбивання» екіпажу до центру колії і, таким чином, проходження кривої. Причиною одностороннього фрикційного контакту колісної пари і рейки, що викликає інтенсивний знос бандажів колісних пар і рейок, підшипників буксових вузлів, як на кривих ділянках шляху, так і після виходу з них, є недостатня величина радіального самоустановлення колісних пар. Все це також призводить до зносу контактуючих елементів фрикційної пари і високого динамічного навантаження підшипників колісних пар.

Тому зменшення динамічних навантажень, що сприймаються ходовою частиною вагонетки при русі в кривих і на прямолінійних ділянках колії, шляхом вдосконалення конструкції ходової частини є одним з основних завдань підвищення ефективності роботи підземного транспорту.



Відсутність можливості самостійного вибору робочого положення колісною парою із умов раціонального розподілення складових сил фрикційної взаємодії реборди та рейки викликає знос зони контакту «колесо-рейка». Припустимими діапазонами розташування осі щодо рейкового шляху за рахунок присутності зазорів в підшипниках можна знехтувати зважаючи на малий порядок величини.

Окрім малої радіальної податливості використовуваних роликів підшипників кочення існує також явище кромочного руйнування роликів і бігових доріжок, що також є наслідком низької самоустановлювальної здібності.

Слід зазначити, що знос бандажів коліс, який призводить до порушення їх геометрії, виникнення різниці радіусів доріжок катання негативно впливає на стан колісної пари і суміжних елементів та на рейковий шлях. Також знос бандажів призводить до появи ексцентричності і биттю колеса, додаткового виляння, що істотно впливає на стійкість екіпажу в русі.

У зв'язку з цим, для зниження ступеня впливу недосконалостей шляху на техніко-експлуатаційні показники рейкового екіпажу необхідно максимально підвищити самоустановлювану здатність колісної пари в колії з метою зниження динамічних навантажень від силової складової фрикційного контакту колеса і рейки.

Одним із шляхів зниження динамічних навантажень на ходову частину вагонетки є застосування амортизуючих елементів, розміщених між віссю колеса і рамою. Найбільш поширеними є: гумометалеві амортизатори – гасіння коливань здійснюється за рахунок складних деформацій і зміни форми гуми; циліндричні пружини з гідравлічними гасителями. Однак, такі типи амортизуючих елементів не захищають від динамічних навантажень колеса, які безпосередньо взаємодіють з рейковою колією. Тому деякі амортизатори виконуються з гумометалевим пружно-дисипативним елементом в маточині колеса, знижуючи тим самим невіднесене масу ходової частини. Додатковою мірою підвищення стійкості вагонетки є введення кінематичної рухливості ходової частини, зокрема, колеса. Експлуатація ходової частини із додатковим ступенем рухливості колеса дозволяє зменшити динамічний вплив нерівностей на ходову частину вагонетки, підвищити та стабілізувати величину стійкості по вповзанню на рейку.

Для всебічного вивчення динамічних процесів та параметрів руху шахтної вагонетки із незалежно встановленим колесом в умовах підземної виробки необхідною умовою є розробка математичної моделі, яка б описувала поведінку вагонетки при різних характеристиках рейкового шляху.

#### **Перелік посилань:**

1. Вопросы рудничного транспорта / Под ред. проф. Н.С. Полякова. – Вып.1.– М.: Углетехиздат, 1954. – 344 с.
2. Пейсахович Г.Я. Опыт эксплуатации и ремонта шахтных вагонеток (Обзор) [Текст] / Г. Я. Пейсахович. – М.: ЦНИЭИуголь, 1970. – 43 с.
3. Вериго М.Ф. Динамика вагонов. Конспект лекций / М.Ф. Вериго, А.Я. Коган.; под ред. М.Ф. Вериго. – М.: Транспорт, 1986. – 559 с.
4. Процив В.В. Реализация силы тяги шахтным локомотивом на кривой и выбор параметров системы подвешивания ходовой части: Дис. канд. наук: спец. 05.05.06 «Горные машины» / В.В. Процив. – Д., 1990. – 204 с.

**В.В. Проців, д-р техн. наук**

(Державний ВНЗ “Національний гірничий університет”, м. Дніпропетровськ)

**А.І Самолов**

(НБК «Гірничі машини», Донецьк)

## ВИКОРИСТАННЯ БАНДАЖНО-КОЛОДКОВОГО ГАЛЬМА НА ШАХТНОМУ ЛОКОМОТИВІ

**Вступ.** Головним видом транспорту на горизонтальних гірничих виробках шахт України є локомотивний. Істотне підвищення показників його роботи можливе, перш за все, за рахунок використання важких багатомісних локомотивів, здатних надійно працювати в умовах шахтної колії з легким баластним шаром і суттєвою недосконалістю в плані та профілі [1]. При цьому найбільш перевіреним є гальмування через колеса в точці їх контакту з рейками. Для цього використовують колісно-колодкові гальма, дискові осьові (розташовані на осі колісної пари) і трансмісійні (на валу тягового двигуна), а також динамічне гальмування двигуном. Найбільш перспективний з нині існуючих шахтних локомотивів – шарнірно-зчленований електровоз Е10 [2], що оснащений всіма вище переліченими системами гальмування, а також може бути переоснащений бандажно-колодковими гальмами.

**Метою** даної роботи є обґрунтування можливості використання бандажно-колодкових гальмам на шахтному шарнірно-зчленованому електровозі.

**Завдання роботи** – визначення переваг бандажно-колодкових гальмам.

**Виклад матеріалу дослідження.** Розрахункова схема динамічної моделі гальмування локомотива Е10 зі складом навантажених вагонеток на рейковій колії з подовжнім ухилом наведена на рис. 1.

До другої за ходом руху тягової секції 1 прикладена сила на зчепленні від складу навантажених вагонеток. Середня секція 2 з'єднує її з першою тяговою секцією, а її рама має вигляд пружно-дисипативного стрижня, що працює на стиснення. Колеса з піввісями і зубчасте колесо другого ступеня осьового редуктора (зі зведеними до нього масами і моментами інерції решти елементів трансмісії) мають обертання навколо власних осей.

Короткий карданний вал у тягових секціях, що з'єднує вал тягового двигуна з осьовим редуктором найближчої колісної пари, а також довгий карданний вал, що з'єднує перший осьовий редуктор з осьовим редуктором другої колісної пари, являють собою пружно-дисипативні зв'язки, що працює на кручення. Тут і далі для позначення змінних прийняті такі основні і додаткові нижні індекси, що визначають приналежність змінної до об'єкта математичної моделі:  $k$  – до середньої секції;  $i$  – до тягових секцій ( $i = 1, 2$ ), де 1 позначена перша за ходом руху у напрямі осі  $\tilde{O}\xi$  секція. Вона оснащена циліндровим шарніром для спирання середньої секції на тягову. Секція 2 з'єднана з середньою секцією локомотива сферичним шарніром;  $in$  – до колісних пар (осьових редукторів)  $i$ -ї секції ( $n = 1, 2$ ), де 1 позначена ближня до голови потягу колісна пара;  $inj$  – до коліс  $in$ -ї пари, пружних та дисипативних елементів ( $j = 1, 2$ ), де 1 позначені ліві у напрямі до голови потягу колеса;  $ins$  – до бандажно-колодкового гальма, встановленого на  $n$ -й колісній парі ( $s = 1, 2$ ), де 1 позначені ліві у напрямі до голови потягу колодки;  $ind$  – до дискового гальма, встановленого на  $n$ -й колісній парі ( $d = 1, 2$ ) при цьому 1 позначені ліві у напрямі до голови потягу колодки;  $id$  – до дискового гальма, встановленого в трансмісії  $i$ -ї секції, при чому 1 позначені ближні у напрямку до голови потягу колодки;  $it$  – до вала тягового двигуна, встановленого на  $i$ -й тяговій секції.

Для опису руху локомотива по реальній рейковій колії виберемо нерухому систему координат  $\tilde{O}\xi\eta\zeta$ , а для кожного твердого тіла екіпажа по дві рухомі системи координат – природну  $Oxyz$  в полюсі обертання тіла і  $O'x'y'z'$  в його центрі мас. Тому  $O'x'$ ,  $O'y'$ ,  $O'z'$  –

головні центральні осі інерції тіла. Всі системи координат вибрані правими. Осі природної системи координат направлені відповідно по дотичній, нормалі та бінормалі до осі колії, а її положення щодо нерухомої системи координат характеризується дуговою координатою уздовж осі колії  $S$ , кутом  $\chi$  між осями  $Ox$  та  $\tilde{O}\xi$ , а також кутом поперечного ухилу колії  $\theta_h$ , який дорівнює  $\arctg i_s$  або  $i_s$  в радіанах, оскільки цей кут малий (не більше  $3^\circ$ ).

При складанні математичної моделі гальмування шахтного локомотива гальмами, що реалізують гальмівну силу в точці контакту колеса з рейкою, прийняті такі припущення: а) пружні переміщення рейкових ниток колії та їх пружно-в'язкі характеристики не враховуються; б) деформації в гумометалевих шарнірах системи підвішування виникають лише при подовжніх переміщеннях колісної пари щодо буксових вузлів; г) вертикальні, поперечні, а також кутові коливання елементів локомотива і причіпної частини відсутні (за винятком обертального руху коліс, елементів трансмісії та роторів тягових двигунів).

При визначенні гальмівного шляху шахтного локомотива зі складом вагонеток розглянуті такі основні способи гальмування: 0) без гальмування (вибіг); 1) тільки трансмісійним дисковим гальмом; 2) тільки осьовим дисковим гальмом; 3) тільки бандажно-колодковим гальмом; 4) тільки двигуном; 5) комбіноване трансмісійним і осьовим дисковими гальмами; 6) комбіноване трансмісійним дисковим гальмом і двигуном; 7) комбіноване трансмісійним дисковим та бандажно-колодковим гальмами; 8) комбіноване осьовим дисковим і бандажно-колодковим гальмами; 9) комбіноване трансмісійним і осьовим дисковими, а також бандажно-колодковим гальмами; 10) комбіноване осьовим дисковим, бандажно-колодковим гальмами та двигуном. Додаткове гальмування двигуном у способах 5, 7 та 9 можливе, але при цьому гальмівний момент двигуна розраховується у сукупності з гальмівним моментом дискового трансмісійного гальма.

За узагальнені координати  $q_t$  ( $t=1, 2, \dots, v$ ) вибрані такі незалежні між собою величини:  $x_i, x_{inj}, \varphi_{it}, \varphi_{in}, \varphi_{inj}, x_c$ . Рівняння Лагранжа другого роду складені із 25 диференціальних рівнянь другого порядку.

Одержана система розв'язувалася за допомогою програми Wolfram Mathematica 8. Динамічна модель дозволяє задавати не лише можливі геометричні, кінематичні, масоінерційні та пружно-дисипативні характеристики локомотива і вагонів, але й моделювати часові інтервали, необхідні для прийняття машиністом рішення про початок гальмування, час холостого ходу (спрацьовування) гальмівних механізмів і функції перехідних процесів прикладання гальмівних моментів до дискових осьових та трансмісійних гальм, бандажно-колодкових, а також виконувати динамічне гальмування двигуном.

Перевагами бандажно-колодкового гальма можна вважати такі: велика площа контакту; краще провітрювання, за рахунок концентричних канавок на гальмівних колодках, а отже менший нагрів місця контакту; відсутність вірогідності здобуття задирів і затягування чужорідних часток на поверхню обода катання, під колодку, а отже відсутність пошкоджень обода катання і посиленого зносу; ефективніше гальмування за рахунок притиску колодками бандажу колеса з двох сторін.

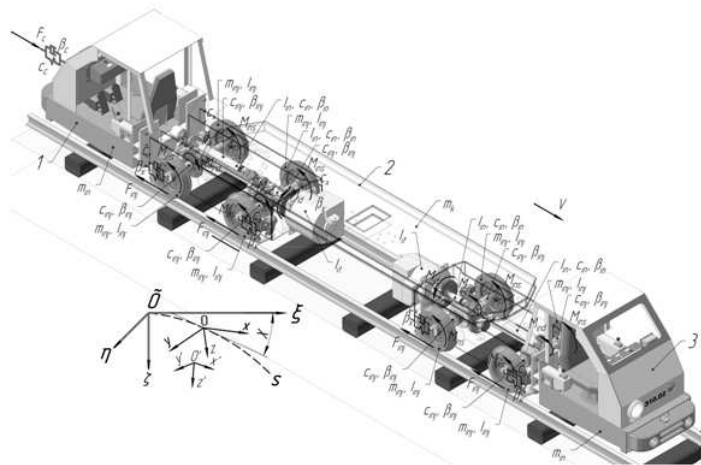


Рис. 1. Розрахункова схема гальмування локомотива E10 гальмами, що реалізують гальмівну силу в точці контакту колеса з рейкою

**Висновки.** Визначені переваги бандажно-колодкового гальма, а також теоретично доведено, що у разі прикладення постійного гальмівного моменту шахтний потяг з чотирьох навантажених вагонеток можливо зупинити на ухилі в 50 ‰ без перевищення гальмівного шляху 40 м.

#### **Перелік посилань**

1. Ренгевич А. А. Основы теории тяги рудничных поездов / А. А. Ренгевич. – К.: УМК ВО, 1989. – 40 с.
2. Транспорт шахтний локомотивний. Перевезення людей і вантажів в виробках з ухилом колії від 0,005 до 0,050: СОУ 10.1.001.85790.007:2006. – Затв. Мивуглепромом України 06.10.2006. – Вид. офіц. – К. 2006. – 47 с.
3. Проців В. В. Визначення сил опору руху та направляючих зусиль шахтного шарнірно-зчленованого локомотива в режимі гальмування / В. В. Проців // Збірник наукових праць НГУ. – 2009. – № 33. – Т. 1 – С. 96 – 102.

УДК 621.337.5

**Юдина А.А., студентка, Барташевский С.Е., канд. техн. наук,  
Барташевская Л.И., канд. физ-мат. наук,  
(Государственное ВУЗ “Национальный горный университет”, г. Днепропетровск)**

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОВОЗА**

Одной из основных проблем современного шахтного локомотивного транспорта является недостаточная его производительность. Старение шахтного фонда, приводящее к уходу горных работ к границам шахтных полей приводит к неуклонному росту протяженности маршрутов и ухудшению профиля пути. Движение груженых составов от погрузочных пунктов к стволу идет, в большинстве случаев, вниз по уклону. При этом определяющими при установлении весовой нормы поезда являются, как правило, не тяговые, а тормозные характеристики локомотивов.

На сегодняшний день, шахтные локомотивы могут использовать фрикционный, реверсивный и электромагнитный способы торможения.

При электромагнитном способе тормозная сила создается притяжением специальных тормозных башмаков с электромагнитами к рельсам. Недостатком этого способа – сложность регулировки тормозного усилия, вследствие чего этот способ используют только при экстренном торможении или в качестве стояночного.

При реверсивном способе на локомотивах с электрической передачей осуществляется переключение тяговых электродвигателей в генераторный режим, что вызывает изменение направления электромагнитного момента электрической машины. Недостатком этого способа является рост нагрузки на двигатель.

При фрикционном способе сопротивление движению создается вследствие трения тормозных колодок с вогнутой полусферической поверхностью с поверхностью катания колеса. Достоинство – простота конструкции; недостатки – в зависимости от условий эксплуатации – недостаточное тормозное усилие для обеспечения нормированного тормозного пути состава вследствие нестабильности величины коэффициента трения между колодкой и колесом из-за попадания в зону контакта влаги и грязи, а также значительный неравномерный износ поверхности катания колеса. Колодочно-колесный тормоз, является основным для всех типов шахтных локомотивов.

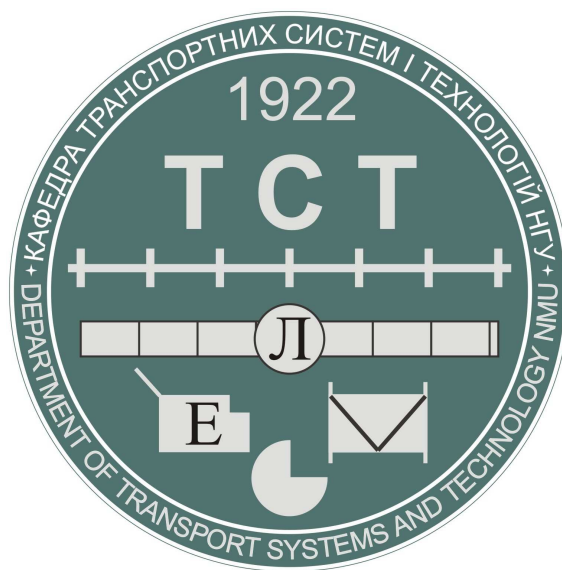
Избежать износа колесных пар и попадания загрязнений в зону контакта можно путем перехода к дисковым тормозам, основным конструктивным элементом которых является тормозной диск, зажимаемый с двух сторон фрикционными накладками, установленными в суппорте. Достоинства – плоскопараллельный контакт колодок с тормозным диском; недопущение попадания смазки в зону контакта. Это решение апробировано на подвижном составе скоростного ж/д транспорта. К основным недостаткам такого устройства относится необходимость ввода в конструкцию транспортного средства дополнительного элемента – тормозного диска на оси колесной пары, что усложняет конструкцию, а для шахтных локомотивов невозможно из-за отсутствия свободного пространства между колесами и приводным блоком.

Предложено тормозное устройство, в котором путем введения новых элементов достигается возможность увеличения тормозного усилия за счет стабилизации коэффициента трения, исключения возможности попадания в зону контакта колесно-тормозных накладок грязи, уменьшение вероятности заклинивания тормозных элементов и износа рабочих поверхностей колес электровоза.

В данном тормозе шахтного электровоза, согласно с изобретением, установлены фрикционные накладки, соединенные между собой и с тормозным краном и приводной механизм с гидравлической (пневмо) системой, с возможностью размещения между ними колеса. При этом обеспечивается плоскопараллельный контакт между накладками и колесом. Накладки соединены с токоприемником через введенный выключатель, при этом тормозной кран соединен с выключателем с возможностью их одновременного включения в период торможения.

Во время прохождения тока через зоны контакта фрикционных накладок и боковых поверхностей колесных пар, а также рельс и рабочих поверхностей колесных пар, возникает электропластический эффект. Последний состоит в повышении пластичности металлов под действием на них постоянного тока высокой плотности, что приводит к усилению межмолекулярного взаимодействия контактирующих материалов, которое повышает коэффициент трения между ними и коэффициент сцепления колес с рельсовым путем.

Внедрение этих тормозов позволит существенно повысить тормозную силу трения и тормозную силу транспортного средства в целом и, как следствие, его продуктивность.



## **ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

**Всеукраїнської науково-практичної конференції**

**«Сучасний стан та перспективи розвитку  
транспортних систем гірничих підприємств»**